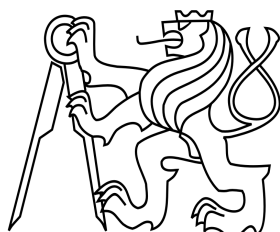


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Diplomová práce

# **ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA**

OFFICE BUILDING

## **ZADÁNÍ**

Vypracovala: Bc. Alena Macasová

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Konzultanti: Ing. Lenka Hanzalová, Ph.D.

Ing. Josef Novák, Ph.D.

2019



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Macasová Jméno: Alena Osobní číslo: 424334

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Administrativní budova

Název diplomové práce anglicky: Office Building

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce bude obsahovat technickou zprávu, statický výpočet, výkresovou dokumentaci včetně vybraných detailů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kuklík: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha
- [2] Kuklík, Kuklíková, Mikeš: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha
- [3] Studnička, Holický: Ocelové konstrukce 20 - Zatížení staveb, ČVUT Praha
- [4] ČSN EN 1995-1-1
- [5] ČSN EN 1995-1-2

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 18.2.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

18.2.2019  
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Macasová Alena

Název diplomové práce: Administrativní budova

Základní část: Dřevěné konstrukce podíl: 75 %

Formulace úkolů: Diplomová práce bude obsahovat technickou zprávu, statický výpočet, výkresovou dokumentaci včetně vybraných detailů.

Podpis vedoucího DP: .....

Datum: 10.1.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Lenka HANZALOVÁ

Formulace úkolů: Vypracujte TŽ, výkresy pro stavební řízení: půdorys, a řezy (podřízy a průřezy) v měř. 1:100, náčrtek a posouzení vzhledu kompletní

Podpis konzultanta: .....

Datum: 20.2.2019

3. Část: Betonové konstrukce podíl: 10 15 %

Konzultant (jméno, katedra): JOSEF NOVÁK

Formulace úkolů: NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ 1.PP

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

## Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

### *Čestné prohlášení*

*Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.*

V Praze dne .....

.....

podpis

## *Poděkování*

*Děkuji doc. Ing. Petru Kuklíkovi, CSc. za odborné rady, připomínky a ochotu při konzultacích této diplomové práce.*

*Dále bych chtěla poděkovat konzultantům Ing. Lence Hanzalové, Ph.D. a Ing. Josefu Novákovi, Ph.D. za připomínky a důležité informace, které přispěly k lepšímu vypracování této závěrečné práce.*

## **ANOTACE**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem konstrukčních prvků administrativní budovy v Praze. Objekt má čtyři nadzemní dřevěná podlaží a jedno betonové podzemní podlaží. Nadzemní podlaží slouží jako kanceláře, v podzemním jsou umístěna garážová stání.

Vnitřní část budovy je řešena systémem těžkého skeletu, obvodový plášť jako lehký skelet. Střešní konstrukce je válcová tvořena obloukovými lepenými lamelovými vazníky.

Výpočet je proveden podle evropských norem zavedených do systému českých norem ČSN EN.

*Klíčová slova: dřevostavba, dřevěný skelet, obloukový vazník, lepené lamelové dřevo*

## **ANNOTATION**

This diploma thesis deals with the design of structural elements of an office building in Prague. The building has four above-ground wooden floors and one concrete underground floor. The above-ground floors serve as offices, while the underground one serves as a parking garage.

The interior of the building is solved by a heavy skeleton system, the cladding as a two-by-four system. The roof structure is cylindrical with arched laminated trusses.

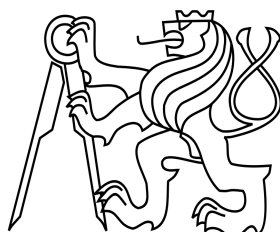
The calculation is made according to European standards introduced into the system of Czech standards ČSN EN.

*Keywords: wooden building, wooden frame, arch truss, glued laminated timber*

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

**Diplomová práce**

**ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA**

OFFICE BUILDING

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**

2019

# 1 Identifikační údaje

Administrativní budova Haas Fertigbau, s.r.o.

Adresa: Černokostelecká 616/143, 10800 Praha 10 – Malešice

## 2 Popis objektu

Jedná se o dřevěnou konstrukci administrativní budovy o rozměrech 25,34 x 20,34 m a výšce 17,1m.

Objekt má 4 nadzemní dřevěná podlaží a jedno betonové podzemní podlaží. První nadzemní podlaží slouží jako otevřený prodejní prostor a ve zbylých nadzemních podlažích se nacházejí kanceláře. V podzemním podlaží se nacházejí garážová stání. Toto podzemní podlaží je řešeno ve vnitřní části jako skelet a po obvodu vedou nosné stěny, do kterých se z části opírá okolní terén.

Nadzemní část konstrukce má válcovou střechu, která je ve čtyřech bodech opřena o dřevěnou konstrukci. Vnitřní část budovy je řešena jako těžký skelet se složenými sloupy, zdvojenými průvlaky, stropnicemi a suchou skladbou podlahy. Obvodový plášť je řešen jako lehký skelet o šířce nosné části stěny 140 mm.

Po celé výšce budovy prochází železobetonové jádro, které slouží jako ztužující konstrukce. V tomto jádře je umístěn výtah a schodiště. Schodiště je tříramenné železobetonové prefabrikované a probíhá po celé výšce budovy. Schodiště je opatřeno prvky akustické izolace Halfen.



### 3 Přehled aplikovaných proměnných zatížení

Užitné zatížení:

Zatížení stropních konstrukcí a schodišť: Kategorie B – Kancelářské plochy  
( $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ )

Střecha: Kategorie zatěžovaných ploch H – Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav ( $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ )

Sníh:

Budova se nachází v I. sněhové oblasti s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$ . Typ krajiny je normální a nadmořská výška je 308 m n.m.

Vítr:

Objekt se nachází v oblasti I., kategorii terénu III. (oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami)

Základní výchozí rychlost větru  $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$ .

## 4 Betonová konstrukce

### 4.1 Materiály

Beton: C25/30 – XC1 – Dmax22 – Cl 0,2 – S4

Betonářská výztuž: B500B

### 4.2 Základy

Základy budovy jsou po obvodu řešeny základovými pasy o hloubce založení 1200 mm. Základové pasy jsou také provedeny pod stěnami ztužujícího železobetonového jádra. Pod sloupy ve vnitřní části objektu jsou provedeny základové patky do hloubky 1200 mm.

### **4.3 Vodorovné konstrukce**

Stropní deska je řešena jako lokálně podepřená železobetonová monolitická deska o výšce 250 mm. Stropní deska je křížem vyztužená. Krycí vrstva pro betonářskou výztuž je 20 mm.

Rozpětí pole desky je 5x8 m ve střední části konstrukce a 5x6 m v částech krajních.

### **4.4 Svislé konstrukce**

Sloupy jsou železobetonové monolitické o výšce 2840 mm a rozměrech 250 x 250 mm. Sloupy jsou v podélném směru od sebe vzdáleny osově 5 metrů. Ve směru příčném je vzdálenost sloupů v rastru 6x8x6 metrů. Celkem se v suterénu nachází 8 sloupů.

Stěny jsou provedeny z monolitického železobetonu o šířce 250 mm. Železobetonové jádro o tloušťce stěny 250 mm prochází po celé výšce konstrukce a slouží jako ztužení celého objektu. Kolem výtahové šachty jsou vystaveny stěny o tloušťce 200 mm.

### **4.5 Schodiště**

Schodiště je řešeno jako tříramenné železobetonové prefabrikované a je umístěno v železobetonovém ztužujícím jádře. Schodiště je rozděleno na tři části. Prostřední část schodiště s podestami je do stěn upevněna pomocí Bi-trapézových boxů od firmy Halfen. Na tuto část jsou osazena zbylá dvě schodišťová ramena. V místě uložení na obou stranách ramena je vložen izolační pás HTF-DS-100 od firmy Halfen. Po obvodu celého schodiště je zabudována spárová deska pro tlumení kročejového hluku HTPL-100.

## **5 Dřevěné konstrukce**

### **5.1 Materiály**

C24 (stropnice, obvodový plášť)

GL28h (sloupy, průvlaky, vazník)

Spojovací prostředky:

Vruty třídy 6.8

Hřebíky třídy 6.8

Svorníky třídy 5.8

### **5.2 Vodorovné konstrukce**

V příčném směru jsou vedeny průvlaky, které jsou ve střední části podepřeny složenými sloupy a na krajích budovy úložnými prahy. Průvlaky jsou osově vzdáleny 5 metrů. Průvlaky jsou tvořeny dvěma od sebe oddělenými lamelovými profily, které jsou v místech sloupů připevněny ocelovými svorníky. Mezera mezi profily průvlaku je 140 mm, což je shodné jako vnitřní část sloupu. Po délce průvlaku jsou mezi oddělené profily vloženy dřevěné vložky, které jsou připevněny pomocí vrutů. Tyto vložky slouží pro zabránění klopení částí průvlaku.

Na průvlaky jsou v osových vzdálenostech 625 mm osazeny pomocí tesařských třmenů stropnice tak, aby horní hranou lícovaly s průvlakem. V půlce rozpětí jsou mezi stropnice vloženy rozpěry o průřezu shodném se stropnicemi a jsou připojeny pomocí tesařských třmenů.

Na tuto nosnou konstrukci jsou pomocí sponek připevněny po celé ploše stropní konstrukce OSB desky o tloušťce 22 mm, které slouží jako základ pro ukládání podlahy a zároveň jako ztužení konstrukce v rovině stropu.

## **5.3 Svislé konstrukce**

### **5.3.1 Vnitřní skelet**

Uvnitř objektu jsou umístěny složené sloupy v rastru podélně: 5x5x5x5x5 metrů a příčně 6x8x6 metrů. Sloupy jsou tvořeny střední částí o tloušťce 140 mm, na kterou jsou ze stran upevněny průvlaky, a příložkami, které tyto průvlaky podpírají a zabraňují tak roztržení průvlaku.

Ve čtvrtém nadzemním podlaží nejsou složené sloupy, ale čtvercové sloupy o šířce 140 mm a na nich je upevněn trám, který podpírá střešní vazníky.

### **5.3.2 Obvodový plášť**

Obvodový plášť je sestaven ze sloupků a úložných prahů o tloušťce stěny 140 mm. Na sloupky jsou z vnější strany pomocí hřebíků připevněny OSB desky, které slouží jako ztužení v podélném a příčném směru. V každém patře jsou na sloupky uloženy úložné prahy, stropnice a průvlaky.

### **5.3.3 Příčky**

Dělicí příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí lehkého skeletu. Sloupky jsou provedeny z dřevěných profilů 120/60 mm pro stěny, kde je požadováno větší akustické oddělení (např. mezi kanceláři) a 60/60 mm pro stěny ostatní. Sloupky jsou od sebe vzdáleny 625 mm a v půlce rozpětí jsou rozepřeny rozpěrami stejného profilu. Příčky jsou oboustranně opláštěny sádkartonovými deskami Rigips o tloušťce 15 mm. Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné.

## **5.4 Střecha**

Střecha objektu je válcová, tvořená obloukovými vazníky. Tyto vazníky jsou od sebe osově vzdáleny 1250 mm a jsou podepřeny ve čtyřech bodech, na krajích objektu na úložné prahy a uvnitř na trám, který probíhá přes celý objekt.

Na střešní vazníky jsou upevněny OSB desky, které slouží pro ztužení objektu ve střešní rovině.

## 6 Závěr

Budou použity prvky dimenzí navržených ve statickém výpočtu. V případě změny podmínek uvažovaných ve statickém výpočtu nebo nesouladu použitých podkladů se skutečným stavem konstrukce musí být statický výpočet upraven.

## 7 Použité dokumenty a normy

[1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

[2] ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí

Část 1-1 Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

Část 1-3 Obecná zatížení – Zatížení sněhem

Část 1-4 Obecná zatížení – Zatížení větrem

[3] ČSN EN 1992-1 – Navrhování betonových konstrukcí

Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[4] ČSN EN 1995-1 – Navrhování dřevěných konstrukcí

Část 1-1 Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Část 1-2 Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru

[5] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005.

ISBN 80-01-03310-4.

[6] KOŽELOUH, Bohumil, ed. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.

[7] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. *Dřevěné konstrukce 1: cvičení*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05227-3.

[8] ROTTER, Tomáš, ed. *Ocelové a dřevěné konstrukce: řešené příklady*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04398-1.

[9] *HALFEN a CRH COMPANY: Prvky tlumení kročejového hluku - HBB, HTF, HTT* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z:

<https://www.halfen.com/cz/2139/product-ranges/stavba/vyztuze/hbb-htf-http-prvky-tlumeni-krojejoveho-hluku/informace-o-produktech/>

[10] ČVUT FSV - katedra betonových a zděných konstrukcí: Podklady pro betonové a zděné konstrukce 1 [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/133BK01.htm>

[11] Fermacell: Podklady pro požární ochranu [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/>

[12] ISOVER: Podklady pro tepelnou izolaci [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/>

[13] ROCKWOLL: Podklady pro tepelnou izolaci [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.rockwool.cz/>

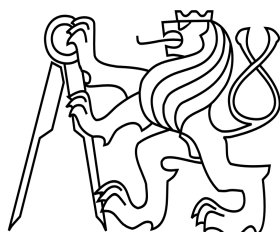
[14] Ocelář.cz: Mapa větrných oblastí na území ČR [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://steelcalc.com/cs/MapaVetrnychOblastiCR.aspx>

[15] Clima maps: Mapa sněhových oblastí na území ČR [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://clima-maps.info/snehovamapa/>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Diplomová práce

**ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA**

OFFICE BUILDING

**STATICKÝ VÝPOČET**

2019

## Obsah

<b>1</b>	<b>Popis objektu</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zatížení</b>	
2.1	Stálé	5
2.2	Nahodilé	
2.2.1	Užitné	8
2.2.2	Sníh	8
2.2.3	Vítr	9
2.2.3.1	Svislé stěny	10
2.2.3.2	Střecha	11
<b>3</b>	<b>Výpočet konstrukčních prvků - Dřevo</b>	
3.1	Střešní vazník	13
3.2	Trám podpírající střešní vazník	20
3.3	Trámový strop 3.NP	
3.3.1	Střední část - osy 2-3	
3.3.1.1	Stropnice	23
3.3.1.2	Průvlak	24
3.3.2	Krajní část - osy 1-2; 2-3	
3.3.2.1	Stropnice	26
3.3.2.2	Průvlak	27
3.4	Trámový strop 2.NP a 1.NP	
3.4.1	Stropnice	29
3.4.2	Průvlak	30
3.5	Sloupy	
3.5.1	Sloup podpírající střešní vazník - 4.NP	33
3.5.2	Sloup 3.NP	34
3.5.3	Sloup 2.NP	37
3.5.4	Sloup 1.NP	40
<b>4</b>	<b>Obvodový plášť</b>	<b>43</b>
4.1	Sloup v ose E	
4.1.1	Sloup v 1.NP	44
4.1.2	Sloup v 2.NP	45
4.2	Sloup v ose D1	
4.2.1	Sloup v 1.NP	46
4.2.2	Sloup v 2.NP	48
4.2.3	Sloup v 3.NP	49
4.3	Sloup v ose D2	
4.3.1	Sloup v 1.NP	50
4.3.2	Sloup v 2.NP	51
4.4	Schéma rozmístění sloupků	53
4.5	Uložení sloupků na dolní práh	
4.5.1	Úložný práh pod sloupy v 1.NP	54
4.5.2	Úložný práh pod sloupy v 2.NP	55
4.5.3	Úložný práh pod sloupy v 3.NP	55
<b>5</b>	<b>Požární odolnost - Dřevo</b>	
5.1	Návrh kloubově uloženého sloupu na požární odolnost R60	
5.1.1	Sloup 4.NP	56
5.1.2	Sloup 1.NP	57



<b>5.2</b>	Návrh prostě podepřeného nosníku na požární odolnost R60	
<b>5.2.1</b>	Stropnice 2. a 1.NP	60
<b>5.2.2</b>	Stropnice 3.NP	61
<b>5.2.3</b>	Průvlaky 3.NP	62
<b>5.2.4</b>	Průvlak 2. a 1.NP	63
<b>5.2.5</b>	Vazník	64
<b>5.2.6</b>	Trám podpírající vazník	66
<b>6</b>	Spoje - Dřevo	
<b>6.1</b>	Střešní vazník - trám	68
<b>6.2</b>	Stropnice - průvlak	70
<b>6.3</b>	Průvlak - sloup	71
<b>7</b>	Ztužující stěny	
<b>7.1</b>	V podélném směru	73
<b>7.2</b>	V příčném směru	75
<b>8</b>	Betonové konstrukce	76
<b>8.1</b>	Stropní desky (+sloupy)	
<b>8.1.1</b>	Křížem pnutá - průvlaky	78
<b>8.1.2</b>	Lokálně podepřená	82
<b>8.2</b>	Průvlak	84
<b>8.2.1</b>	Ohybová výztuž	85
<b>8.2.1.1</b>	Nad podporou	86
<b>8.2.1.2</b>	V poli	88
<b>8.2.2</b>	Smyková výztuž	
<b>8.2.2.1</b>	Návrhové třmínky	89
<b>8.2.2.2</b>	Konstrukční třmínky	89
<b>8.3</b>	Schodiště	90

## 1. Popis objektu

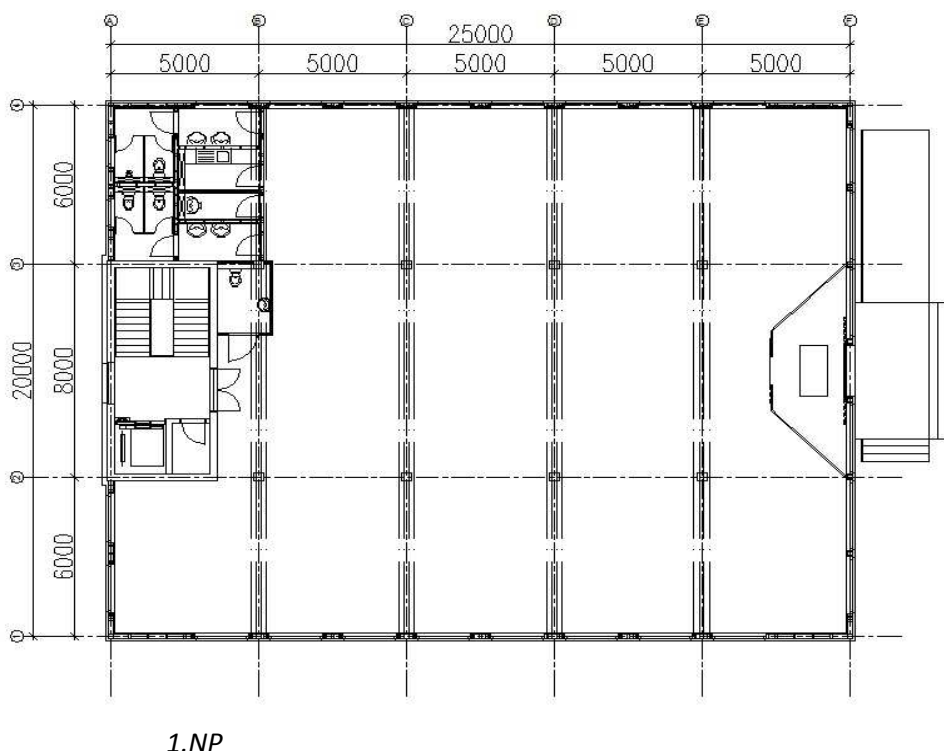
Jedná se o dřevěnou konstrukci administrativní budovy.

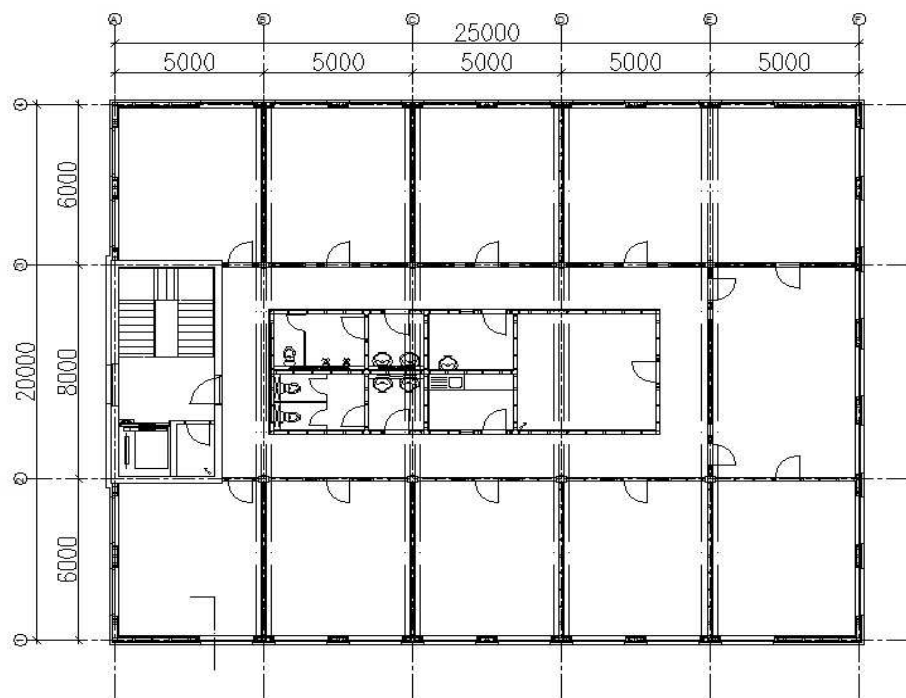
Objekt má 4 nadzemní dřevěná podlaží a jedno betonové podzemní podlaží. První nadzemní podlaží slouží jako otevřený prodejní prostor a ve zbylých nadzemních podlažích se nacházejí kanceláře. V podzemním podlaží se nacházejí garážová stání. Toto podzemní podlaží je řešeno ve vnitřní části jako skelet a po obvodu vedou nosné stěny, do kterých se z části opírá okolní terén.

Nadzemní část konstrukce má válcovou střechu, která je ve čtyřech bodech opřena o dřevěnou konstrukci. Vnitřní část budovy je řešena jako těžký skelet se složenými sloupy, zdvojenými průvlaky, stropnicemi a suchou skladbou podlahy. Obvodový plášť je řešen jako lehký skelet o šířce nosné části stěny 140 mm.

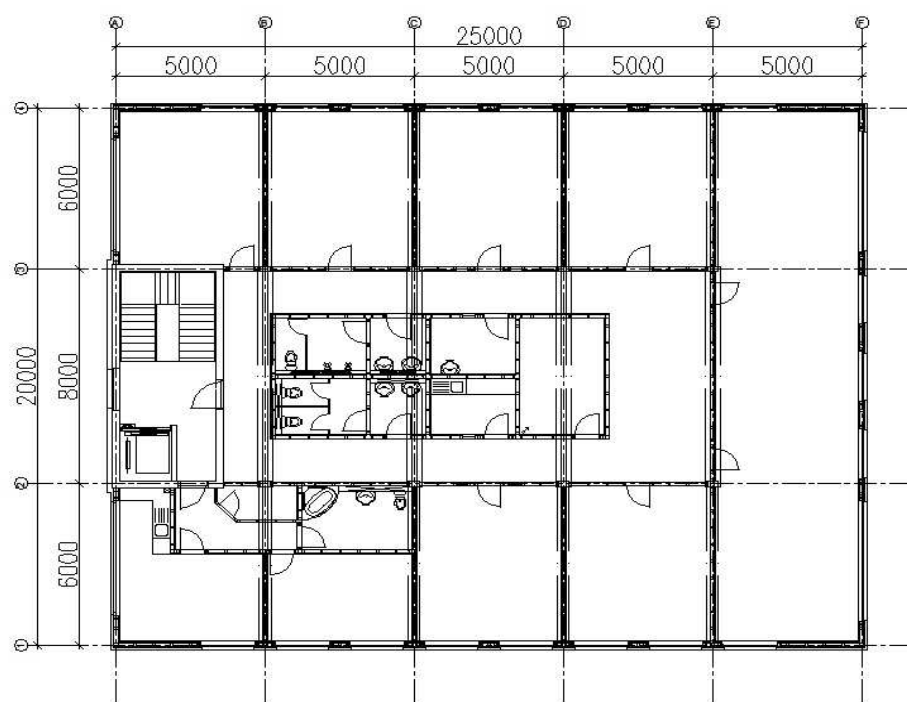
Po celé výšce budovy prochází železobetonové jádro, které slouží jako ztužující konstrukce. V tomto jádře je umístěn výtah a schodiště. Schodiště je tříramenné železobetonové prefabrikované a probíhá po celé výšce budovy. Schodiště je opatřeno prvky akustické izolace Halfen.

*Schéma jednotlivých pater dřevěné konstrukce:*

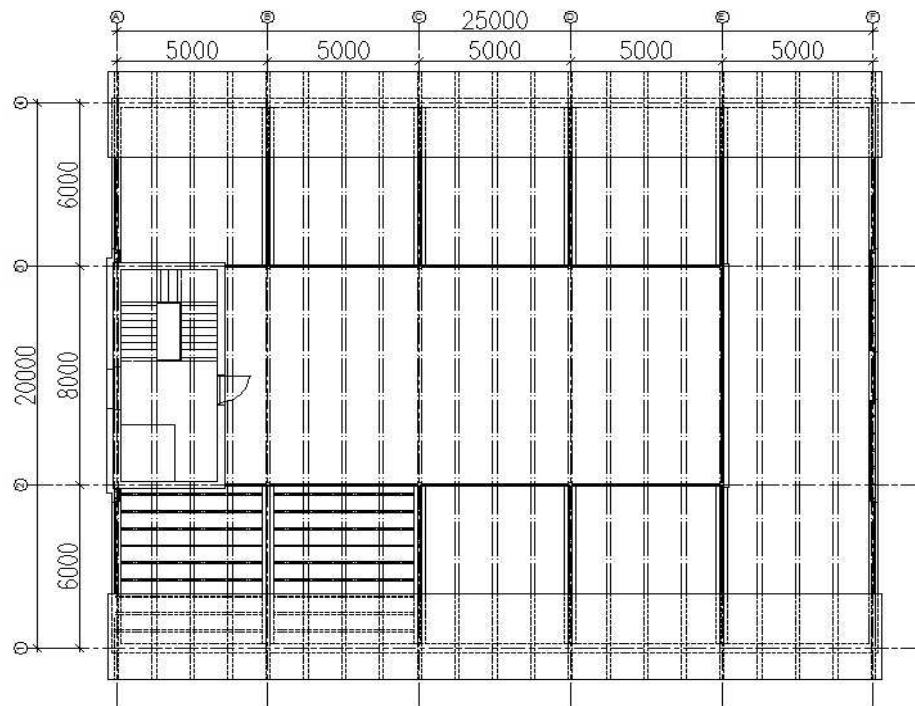




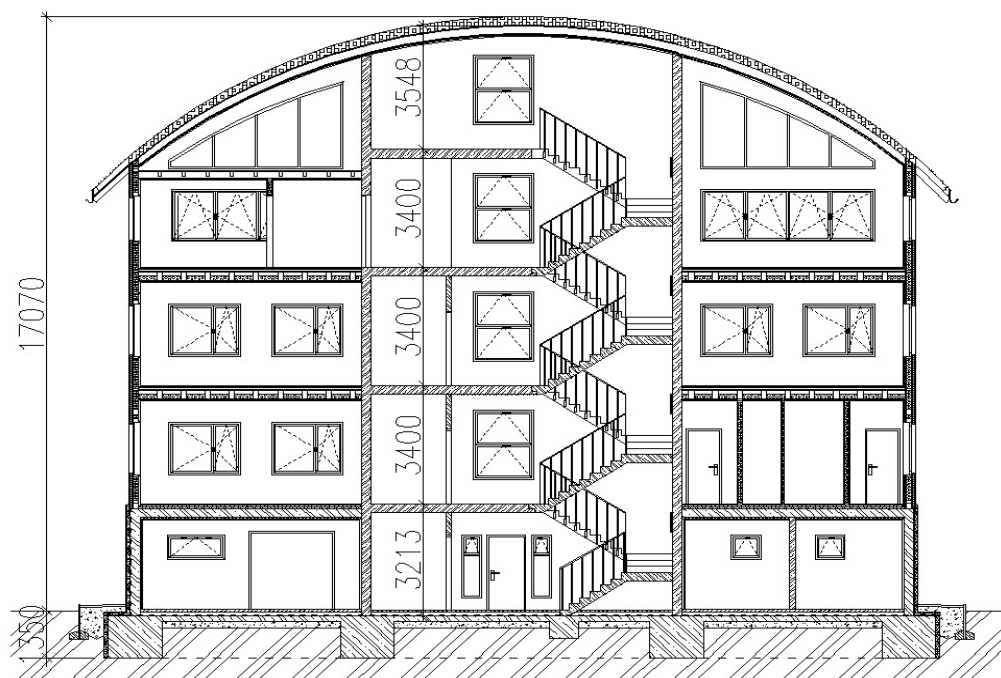
2.NP



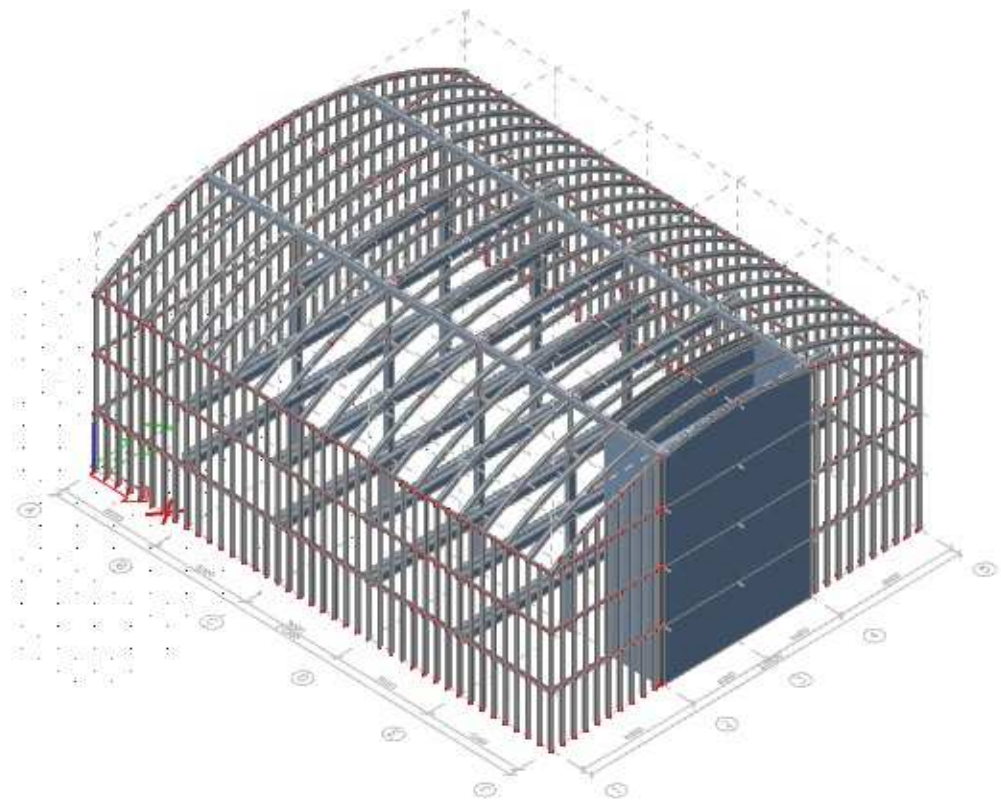
3.NP



4.NP



Příčný řez



*3D model konstrukce*

## 2. Zatížení

### 2.1 stálé

#### Střecha

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
Fatrafol 807/V	1,9	1400	0,027	1,35	0,036
Guttafol DO 121	0,1	800	0,001	1,35	0,001
Rockwool Multirock	240	28	0,067	1,35	0,091
PE fólie TR105	0,2	900	0,002	1,35	0,002
OSB deska	18	600	0,108	1,35	0,146
vzduchová mezera (nosná kce)	220	1,29	0,003	1,35	0,004
střešní vaznice 60x40	60	350	0,013	1,35	0,017
Isover Domo (nosná kce)	30	11,5	0,003	1,35	0,005
rošt ze systémových profilů	30		0,020	1,35	0,027
2xSDK	25	750	0,188	1,35	0,253
CELKEM	565,2		0,431		0,582

#### Podlaha 2.NP

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dlažba	10	2000	0,200	1,35	0,270
lepící tmel	8		0,04	1,35	0,054
Penefol 650	0,6	650	0,004	1,35	0,005
Fermacell podlahový dílec	25	1150	0,288	1,35	0,388
dřevovláknitá deska měkká	60	250	0,150	1,35	0,203
mirelon	2	25	0,001	1,35	0,001
OSB deska	22	600	0,132	1,35	0,178
vzduchová mezera (nosná kce)	120	1,29	0,002	1,35	0,002
TI Isover Uni (nosná kce)	120	40	0,048	1,35	0,065
rošt ze systémových profilů	30		0,020	1,35	0,027
2xSDK	25	750	0,188	1,35	0,253
CELKEM	423		1,156		1,561

#### Podlaha 1.NP

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
parkety	15	600	0,090	1,35	0,122
lepidlo	5	200	0,01	1,35	0,014
cementový potěr	50	2000	1,000	1,35	1,350
PE fólie TR105	0,2	900	0,002	1,35	0,002
Tepelná izolace Isover Uni	50	40	0,020	1,35	0,027
PE fólie TR105	0,2	900	0,002	1,35	0,002
železobeton	250	2500	6,250	1,35	8,438
Multipor tepelněizolační desky	75	110	0,083	1,35	0,111
Multipor lehká malta	5	800	0,040	1,35	0,054
CELKEM	450,4		7,456		10,276

#### Podlaha 1.PP

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
povrchový nátěr - Sadurit	2	2000	0,040	1,35	0,054
betonová mazanina vyztužená kari sítí S-5/100/100	100	2500	2,500	1,35	3,375
asfaltová lepenka A 330 H	1	1200	0,028	1,35	0,038
Tepelná izolace EPS	80	20,5	0,016	1,35	0,022
Hydroizolace Bitagit 40 Al	4	1200	0,048	1,35	0,065
železobeton	150	2500	3,750	1,35	5,063
zhutněný násyp	200	1650	3,300	1,35	4,455
CELKEM	537,00		9,682		13,071

#### Obvodová stěna - dřevo

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
Sádrokarton	15	750	0,113	1,35	0,152
Isover Domo (nosná kce)	40	11,5	0,005	1,35	0,006
rošt ze systémových profilů		350	0,050	1,35	0,068
Fermacell Vapor	13	1150	0,150	1,35	0,202
Isover Uni (nosná kce)	140	40	0,056	1,35	0,065
OSB deska	18	600	0,108	1,35	0,146
Rockwool Frontrock MAX E	80	152,7	0,122	1,35	0,165
Minerální omítka Ispo Tiroler	2	1600	0,032	1,35	0,043
CELKEM	308		0,635		0,853

#### Obvodová stěna - beton (kolem ztužujícího jádra)

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
železobeton	250	2500	6,250	1,35	8,438
Rockwool Frontrock MAX E	180	152,7	0,275	1,35	0,371
Minerální omítka Ispo Tiroler	2	1600	0,032	1,35	0,043
CELKEM	432		6,557		8,9

#### Obvodová stěna - suterén

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
Multipor lehká malta	5	800	0,040	1,35	0,054
Multipor tepelněizolační desky	50	110	0,055	1,35	0,074
železobeton	250	2500	6,250	1,35	8,438
bitagit Al+V80	3,5	1345	0,047	1,35	0,064
baumit lepící stěrka	2	1400	0,028	1,35	0,038
Baumit XPS-R	100	30	0,030	1,35	0,041
Baumit lepící stěrka s vloženou sklotextilní síťovinou	6	1400	0,084	1,35	0,113
Baumit Granopor - penetrace	1	200	0,002	1,35	0,003
Baumit Granopor - omítka	1,5	1800	0,027	1,35	0,036
CELKEM	419		6,563		8,86

Dělicí příčka 1

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
Sádrokarton	15	750	0,113	1,35	0,152
Akustická izolace Stered Acoustic nosná konstrukce stěny	120	45	0,054	1,35	0,073
		350	0,081	1,35	0,109
Sádrokarton	15	750	0,113	1,35	0,152
CELKEM	150		0,360		0,5

Dělicí příčka 2

Skladba [-]	tl. [mm]	Obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	γf [-]	Výp. zat. [kN/m <sup>2</sup> ]
Sádrokarton	15	750	0,113	1,35	0,152
Akustická izolace Stered Acoustic nosná konstrukce stěny	60	45	0,027	1,35	0,036
		350	0,040	1,35	0,054
Sádrokarton	15	750	0,113	1,35	0,152
CELKEM	90		0,292		0,4



## 2.2 nahodilé

### 2.2.1 užité

Zatížení stropních konstrukcí, balkonů a schodišť pozemních staveb:

Kategorie B

kancelářské plochy

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = q_k * 1,5 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Střechy

Kategorie zatěžovaných ploch H

střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = q_k * 1,5 = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

### 2.2.2 sníh

I. Sněhová oblast

Typ krajiny: normální

nadmořská výška  $h_n \leq 1000 \text{ m n.m.}$

$$s = \mu_3 * C_e * C_t * s_k$$

s ... výsledná hodnota zatížení sněhem

$\mu_3$  ... tvarový součinitel zatížení sněhem

$$h/b = 5/22,2 = 0,22$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10h/b = 2,442$$

$C_e$  ... součinitel expozice

$$C_e = 1$$

$C_t$  ... tepelný součinitel

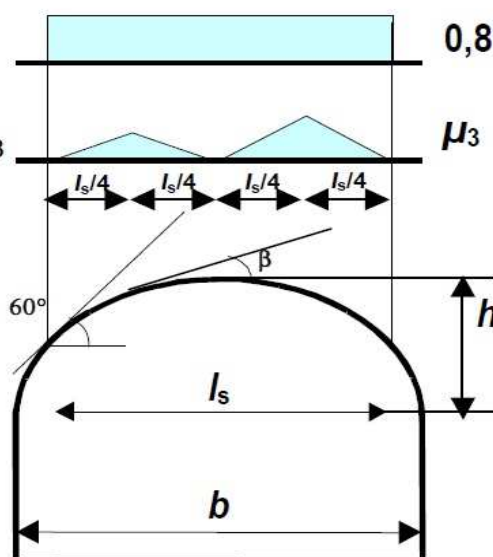
$$C_t = 1$$

$s_k$  ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Případ (i)

Případ (ii)  $0,5\mu_3$



Tvarové součinitele zatížení sněhem pro válcovou střechu

(i) ... uspořádání zatížení nenavátým sněhem

(ii) ... uspořádání zatížení navátým sněhem

Zatížení sněhem [-]	$\mu_3$ [-]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$ [-]	Výp. zat. sd [kN/m <sup>2</sup> ]
nenavátý sníh	0,8	0,56	1,5	0,84
navátý sníh	$\mu_3$	2,442	1,710	2,564
	$0,5 \cdot \mu_3$	1,221	0,855	1,28

### 2.2.3 vítr

Oblast I.

Kategorie terénu III.

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 22,5 \cdot 1 \cdot 1 = 22,5 \text{ m/s}$$

$V_b$  ... základní rychlost větru

$C_{dir}$  ... součinitel směru větru

$$C_{dir} = 1$$

$C_{season}$  ... součinitel ročního období

$$C_{season} = 1$$

$V_{b,0}$  ... výchozí základní rychlost větru

$$V_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot V_b = 0,870 \cdot 1 \cdot 22,5 = 19,565 \text{ m/s}$$

$V_m(z)$  ... střední rychlost větru ve výšce  $z$  nad terénem

$c_o(z)$  ... součinitel orografie

$$c_o(z) = 1$$

$c_r(z)$  ... součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,215 \cdot \ln(17/0,3) = 0,870$$

$z_0$  ... parametr drsnosti terénu

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$k_r$  ... součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{0,07}$$

$$k_r = 0,215$$

Kategorie terénu	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.

*Kategorie terénů a jejich parametry*

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot V_m^2$$

$q_p$  ... maximální dynamický tlak ve výšce  $z$

$I_v(z)$  ... intenzita turbulence

$$I_v(z) = k_I / [c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(17/0,3)] = 0,248$$

$k_I$  ... součinitel turbulence

$$k_I = 1$$

$\rho$  ... měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,248] \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 19,565^2$$

$$q_p(z) = 0,654 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$$

$w_e$  ... tlak větru působící na vnější povrchy

$z_e$  ... referenční výška pro vnější tlak

$c_{pe}$  ... součinitel vnějšího tlaku

pro  $A > 10 \text{ m}^2$  se užívá pro návrh celkového zatížení nosné konstrukce hodnota  $c_{pe,10}$

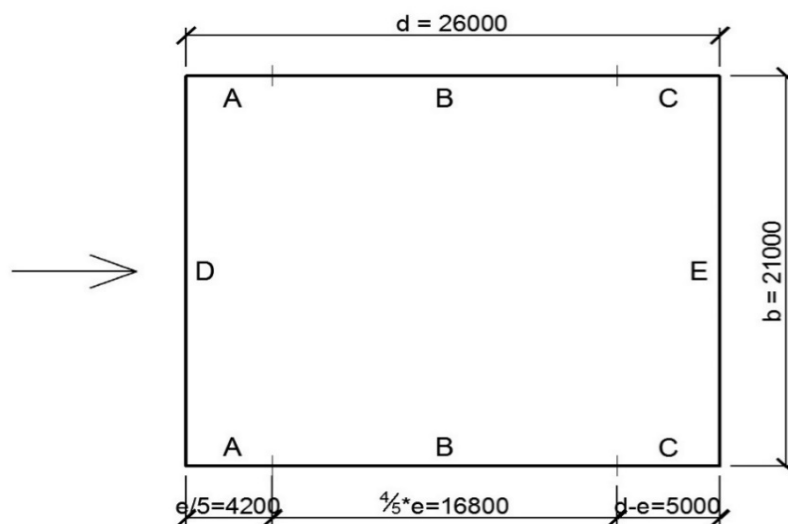
### 2.2.3.1 Svislé stěny

- referenční výšky  $z_e$  pro návětrné stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem závisí na poměru stran  $h/b$  a výšce odpovídající hornímu okraji příslušné části stěny
- pozemní stavby, jejichž výška  $h$  je menší než  $b$  se mají uvažovat jako jedna část
- platí tedy, že  $q_p(z) = q_p(z_e)$

a) vítr podélný

pro  $e < d$

$$h/d = 17/26 = 0,654$$

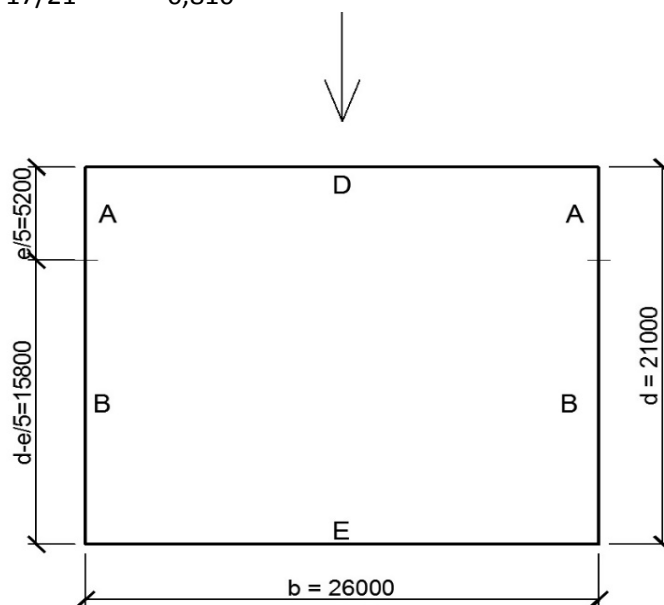


oblast	$c_{pe,10}$	$w_e [\text{kN/m}^2]$
A	-1,2	-0,785
B	-0,8	-0,523
C	-0,5	-0,327
D	0,754	0,493
E	-0,408	-0,267

b) vítr příčný

pro  $e < d$

$$h/d = 17/21 = 0,810$$



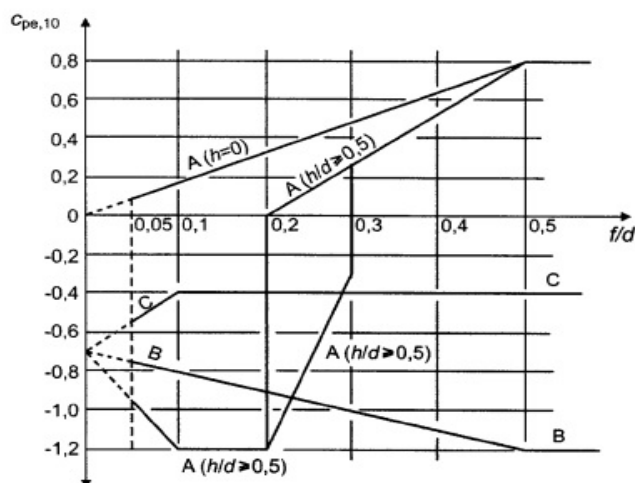
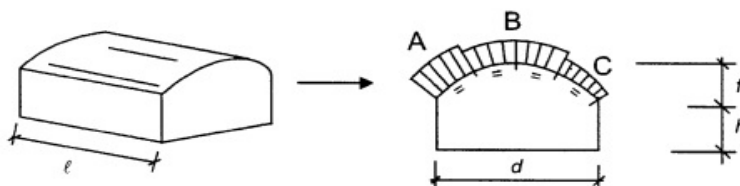
oblast	$C_{pe,10}$	$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1,2	-0,785
B	-0,8	-0,523
D	0,775	0,507
E	-0,449	-0,294

### 2.2.3.2 Střecha

a) vítr příčný

ze ... referenční výška

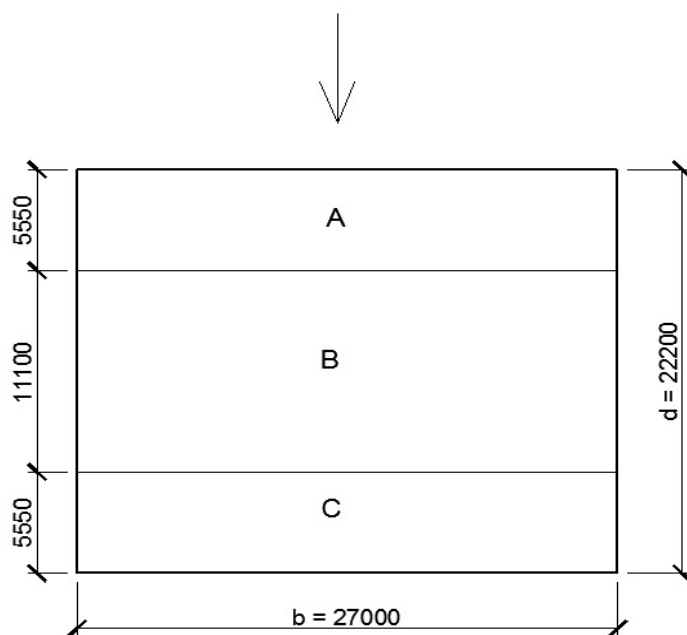
$$z_e = h + f = 12 + 5 = 17 \text{ m}$$



Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku  $c_{pe}$  pro klenbové střechy s pravoúhlým půdorysem

$$h/d = 12/22,2 = 0,541$$

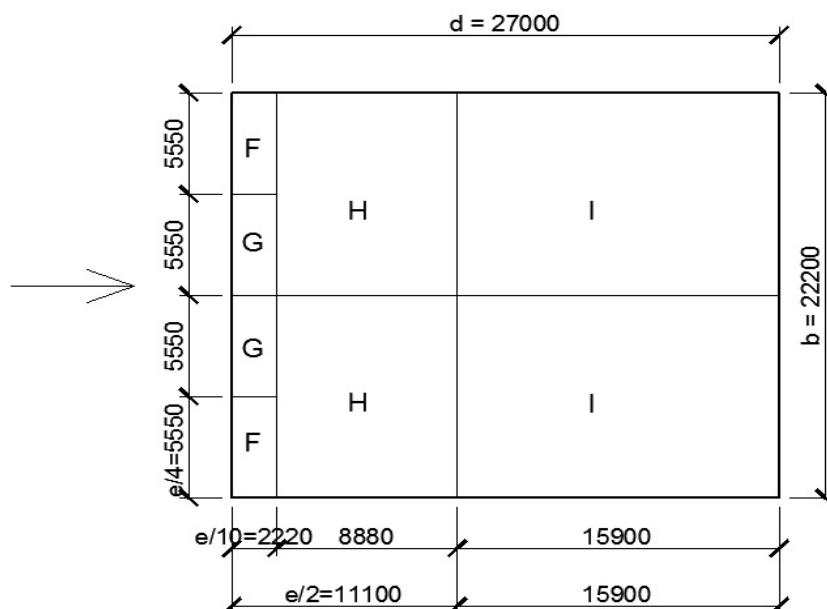
$$f/d = 5/22,2 = 0,225$$



oblast	C <sub>pe,10</sub>	w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1	-0,654
B	-0,9	-0,589
C	-0,4	-0,262

b) vítr podélný  
 $\alpha = 40^\circ$

... úhel střechy



oblast	C <sub>pe,10</sub>	w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1,1	-0,719
G	-1,4	-0,916
H	-0,867	-0,567
I	-0,5	-0,327

### 3. Výpočet konstrukčních prvků - Dřevo

#### 3.1 střešní vazník

##### Zatěžovací stavy

ZS1	vlastní tíha
ZS2	ostatní stálé
ZS3	užitné
ZS4	sníh nenavátý
ZS5	sníh navátý
ZS6	vítr příčný zleva
ZS7	vítr příčný zprava
ZS8	vítr podélný

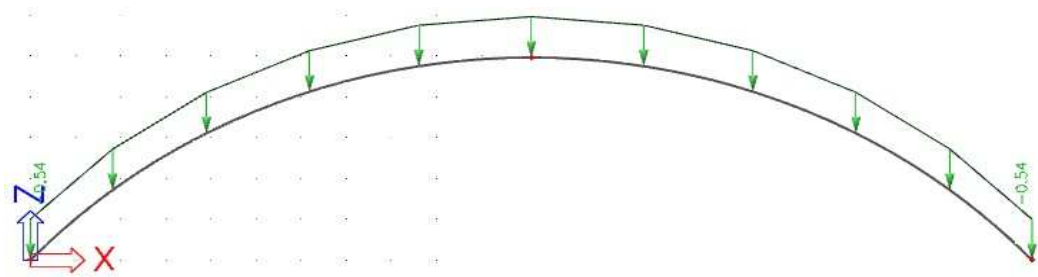
##### Kombinace zatížení pro MSÚ:

KZ1	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS3$
KZ2	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS4$
KZ3	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5$
KZ4	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ5	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS7$
KZ6	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ7	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS6$
KZ8	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS8$
KZ9	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS6$
KZ10	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS8$
KZ11	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS6$
KZ12	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS7$
KZ13	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS8$

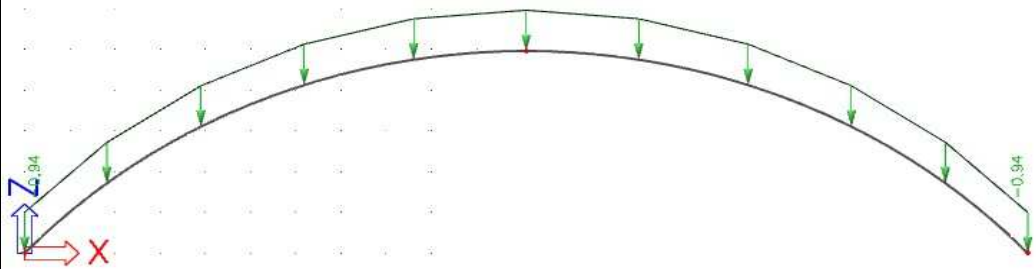
##### Kombinace zatížení pro MSP:

KZ14	$ZS1 + ZS2$
KZ15	$ZS3$
KZ16	$ZS4$
KZ17	$ZS5$
KZ18	$ZS7$
KZ19	$ZS8$
KZ20	$ZS3 + 0,6 \cdot ZS6$
KZ21	$ZS3 + 0,6 \cdot ZS8$
KZ22	$ZS4 + 0,6 \cdot ZS6$
KZ23	$ZS4 + 0,6 \cdot ZS8$
KZ24	$ZS5 + 0,6 \cdot ZS6$
KZ25	$ZS5 + 0,6 \cdot ZS7$
KZ26	$ZS5 + 0,6 \cdot ZS8$

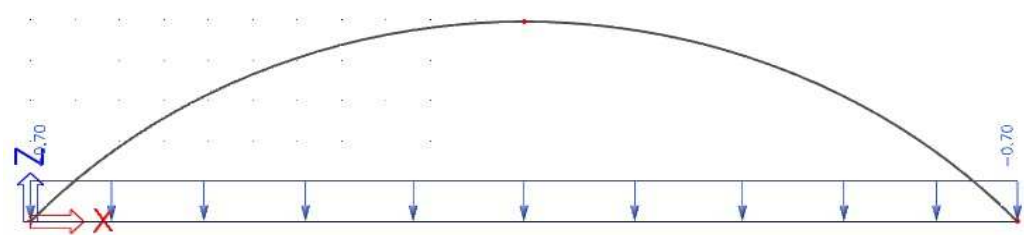
Zatížení působící na vazník:



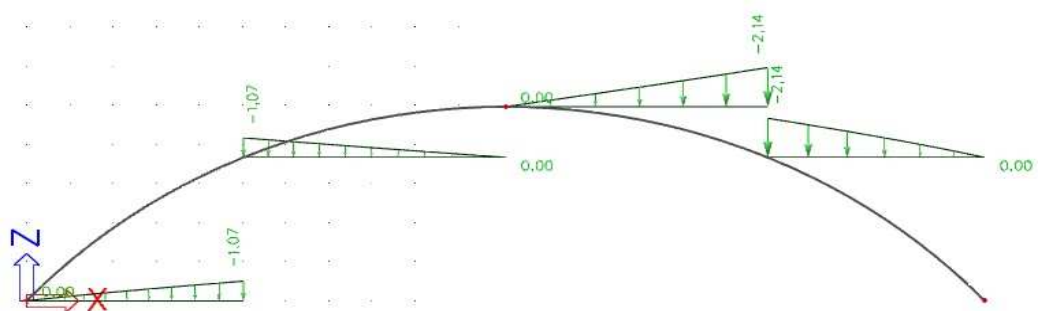
Stálé



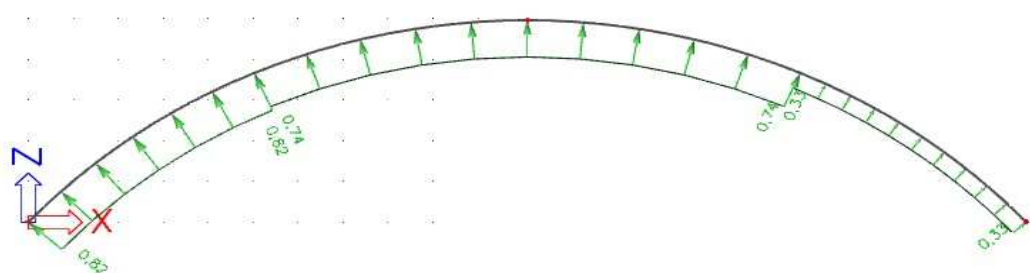
Užitné



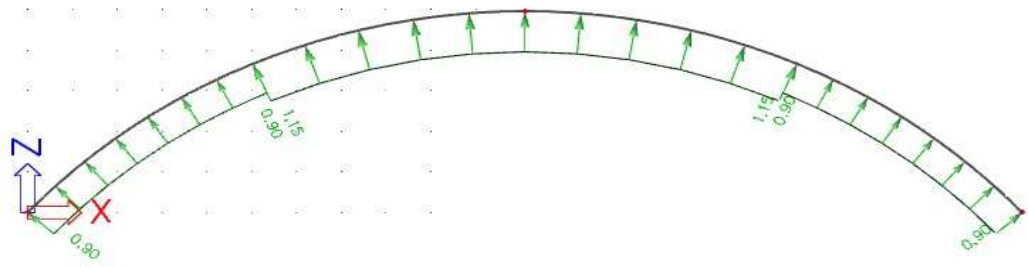
Sníh nenaťatý



Sníh naťatý

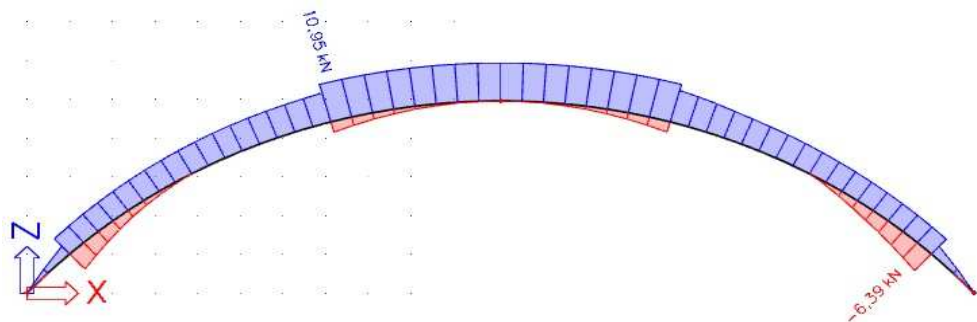


Větr příčný

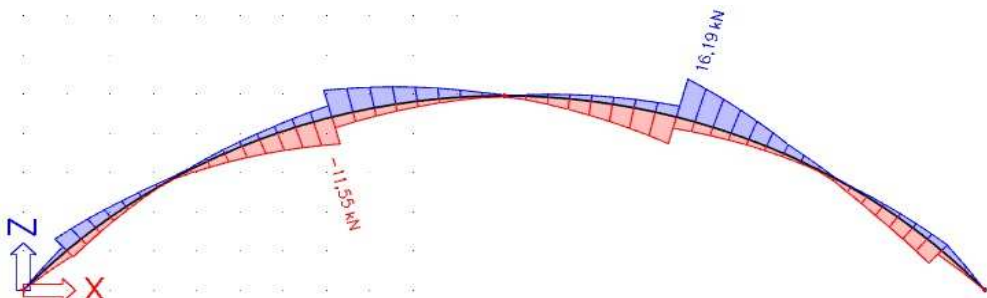


Vítr podélný

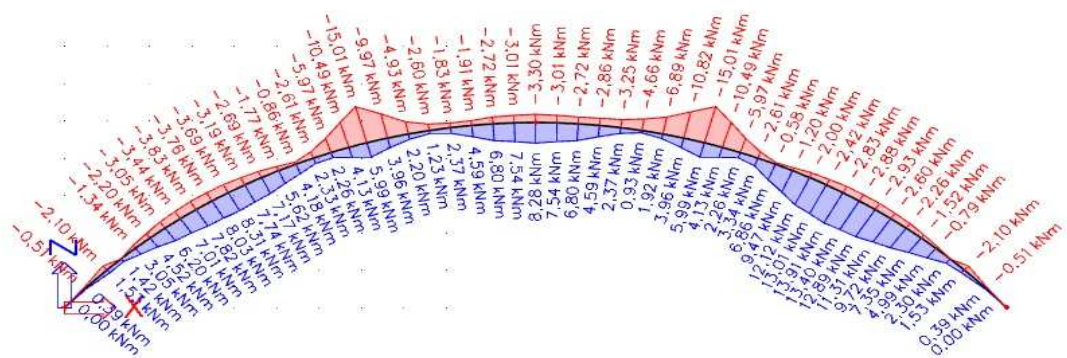
Vykreslení vnitřních sil pro MSÚ:



Obálka normálových sil



Obálka posouvajících sil



Obálka momentů



Výsledné maximální hodnoty vnitřních sil z obálky kombinací zatížení:

normálová síla	N =	10,95 kN
posouvací síla	V =	16,19 kN
moment v krajním poli	M <sub>1</sub> =	13,91 kNm
moment v podpoře	M <sub>2</sub> =	15,01 kNm
moment ve vrcholu	M <sub>3</sub> =	8,28 kNm

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva:

GL 28h

pevnost v ohybu	$f_{m,g,k}$ =	28 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu	$f_{t,0,g,k}$ =	19,5 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{t,90,g,k}$ =	0,45 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tlaku	$f_{c,0,g,k}$ =	26,5 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{c,90,g,k}$ =	3 N/mm <sup>2</sup>
pevnost ve smyku	$f_{v,g,k}$ =	3,2 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti	$E_{0,g,mean}$ =	12600 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{0,g,05}$ =	10200 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{90,g,mean}$ =	420 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean}$ =	780 N/mm <sup>2</sup>
hustota	$\rho_{g,k}$ =	410 kg/m <sup>3</sup>

návrhové pevnosti

$f_{m,g,d} = k_{mod} * f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 28 / 1,25 =$	20,16 MPa
$f_{t,90,g,d} = k_{mod} * f_{t,90,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 0,45 / 1,25 =$	0,324 MPa
$f_{v,g,d} = k_{mod} * f_{v,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 3,2 / 1,25 =$	2,304 MPa

zatěžovací šířka ZŠ = 1250 mm

třída provozu 1  $k_{mod} = 0,9$

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$\gamma_m = 1,25$

Navržený vazník:

šířka	b =	140 mm
výška	$h_{ap}$ =	220 mm
poloměr vnitřního okraje nosníku	$r_{in}$ =	14865 mm
tloušťka lamely	t =	30 mm
sklon	$\alpha$ =	40 °

### posouzení nosníku na ohyb

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot 6 M_{ap,d} / (b \cdot h_{ap}^2)$$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot (h_{ap}/r) + k_3 \cdot (h_{ap}/r)^2 + k_4 \cdot (h_{ap}/r)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 \cdot (220/14975) + 0,6 \cdot (220/14975)^2 + 0 \cdot (220/14975)^3$$

$$k_l = 1,005$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \tan \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,0$$

$$r = r_{in} + 0,5 \cdot h_{ap} = 14975$$

$$\sigma_{m,d} = 1,005 \cdot 6 \cdot 8,28 \cdot 10^6 / (140 \cdot 220^2)$$

$$\sigma_{m,d} = 7,370 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,g,d}$$

pro zakřivené a vyklenuté nosníky se  $k_r$  uvažuje jako:

$$\text{pro } r_{in}/t \geq 240 \quad r_{in}/t = 495,5$$

$$k_r = 1$$

$$7,370 \text{ MPa} \leq 20,16 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot 6 M_{ap,d} / (b \cdot h_{ap}^2)$$

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot (h_{ap}/r) + k_7 \cdot (h_{ap}/r)^2$$

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha_{ap} - 2,6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha_{ap} - 4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0$$

$$k_p = 0 + 0,25 \cdot (220/14975) + 0 \cdot (220/14975)^2$$

$$k_p = 0,004$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = 0,004 \cdot 6 \cdot 8,28 \cdot 10^6 / (140 \cdot 220^2)$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = 0,027 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{t,90,ap,d} \leq k_{dis} \cdot ((V_0/V)^{0,2}) \cdot f_{t,90,d}$$

$k_{dis}$  ... součinitel zohledňující účinek rozdělení napětí ve vrcholové části

pro vyklenuté nosníky:

$$k_{dis} = 1,7$$

$V_0$  ... srovnávací objem

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$V$  ... objem vrcholové části

$$V = \beta \cdot \pi \cdot b / 180 \cdot (h_{ap}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{ap})$$

$$V = 40 \cdot \pi \cdot 140 / 180 \cdot (220^2 + 2 \cdot 14865 \cdot 220)$$

$$V = 0,644 \text{ m}^3$$

$$0,027 \text{ MPa} \leq 1,7 \cdot ((0,01/0,644)^{0,2}) \cdot 0,324$$

$$0,027 \text{ MPa} \leq 0,239 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na smyk za ohybu v podpoře

$$T_{v,d} = 3 \cdot V_{sd} / (2 \cdot b_{ef} \cdot h) \leq f_{v,g,d}$$

$b_{ef}$  ... účinná šířka průřezu  
 $b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 140 = 93,8 \text{ mm}$   
 $k_{cr}$  ... součinitel trhlin pro únosnost ve smyku  
 $k_{cr} = 0,67$  (pro lepené lamelové dřevo)  
 $T_{v,d} = 3 \cdot 16,19 \cdot 10^3 / (2 \cdot 93,8 \cdot 220) = 1,177 \text{ MPa} \leq 2,304 \text{ MPa}$   
 Vyhovuje

### posouzení nosníku na průhyb

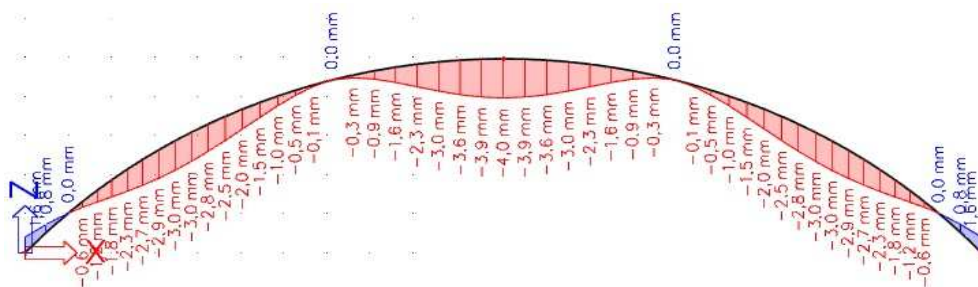
$w_{inst}$  ... okamžitý průhyb (charakteristická kombinace zatížení)

$w_{fin}$  ... konečný průhyb

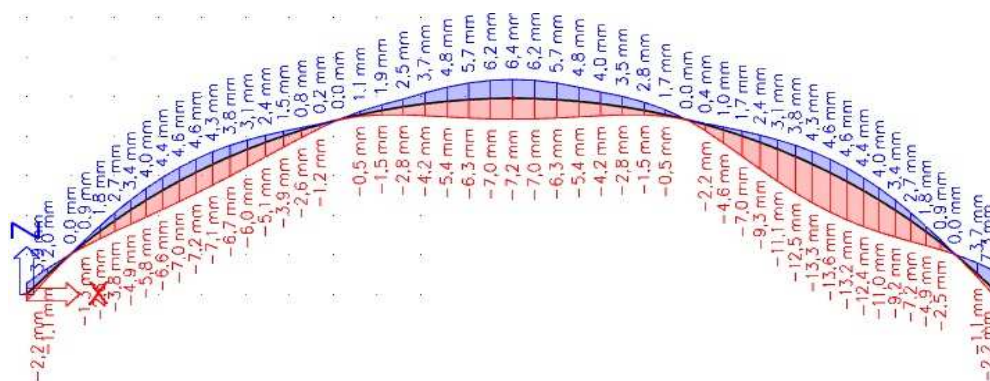
$w_{fin,g} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def})$  - pro stálé zatížení

$w_{fin,q,1} = w_{inst,q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$  - pro hlavní proměnné zatížení

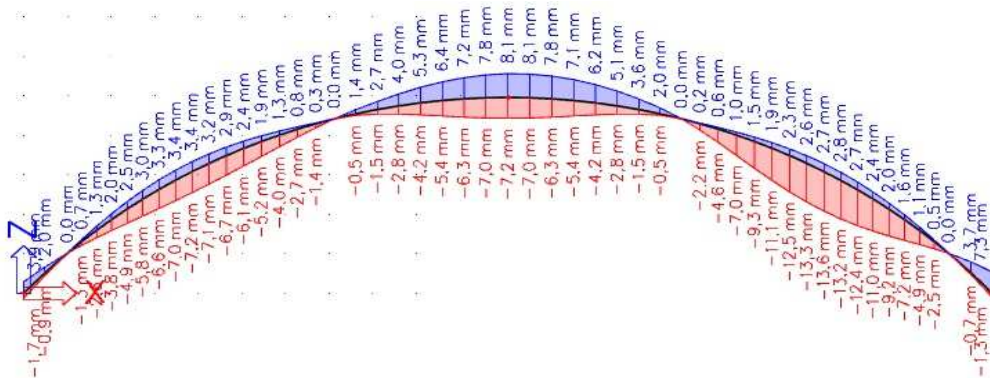
$w_{fin,q,i} = w_{inst,q,i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$  - pro ostatní proměnná zatížení



Průhyb pro stálé zatížení ( $w_{inst,g}$ )



Obálka pro průhyby od proměnného zatížení ( $w_{inst,q}$ )



Obálka pro průhyby od proměnného zatížení ( $w_{fin,q}$ )

*Hodnoty průhybů nosníku [mm]*

	mezí hodnoty		hodnoty pro střed (l=8m)		hodnoty pro kraj (l=6,1m)	
$w_{inst}$	l/300	l/500	26,67	16	20,33	12,2
$w_{fin}$	l/150	l/300	53,33	26,67	40,67	20,33

*průhyb ve středním poli*

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 4,0 + 7,2$$

$$w_{inst} = 11,2 \text{ mm} \leq 16 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1+k_{def}) + w_{fin,q} = 4,0 \cdot (1+0,6) + 7,2$$

$$w_{fin} = 13,6 \text{ mm} \leq 27 \text{ mm}$$

Vyhovuje

*průhyb v krajním poli*

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 3,0 + 13,6$$

$$w_{inst} = 16,6 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1+k_{def}) + w_{fin,q} = 3,0 \cdot (1+0,6) + 13,6$$

$$w_{fin} = 18,4 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$$

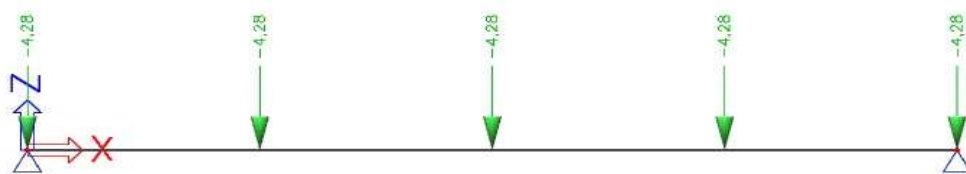
Vyhovuje

### 3.2 trám podpírající střešní vazník

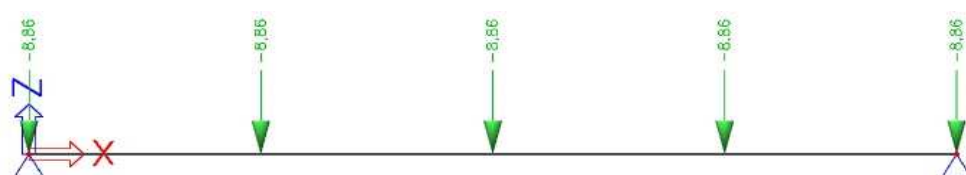
Zatěžovací stavy

ZS1	vlastní tíha
ZS2	ostatní stálé
ZS3	proměnné

Zatížení od vazníku:

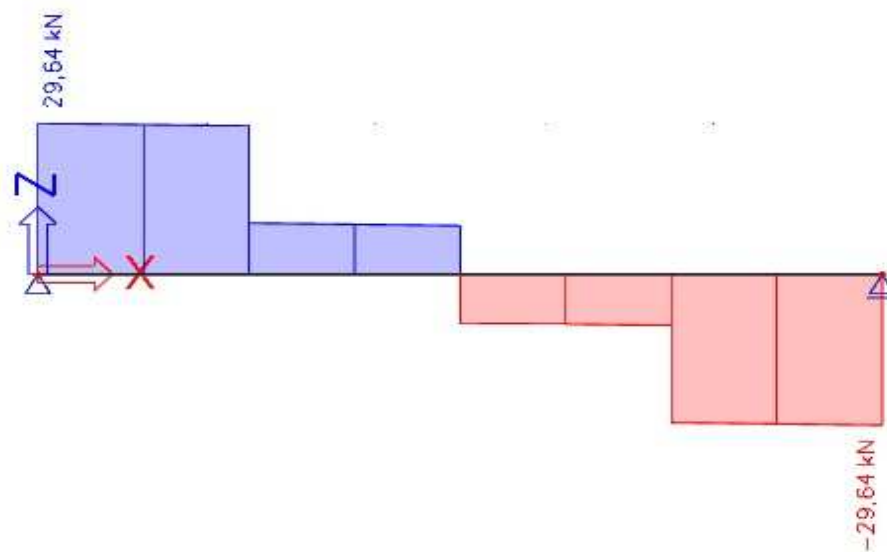


ZS2: ostatní stálé

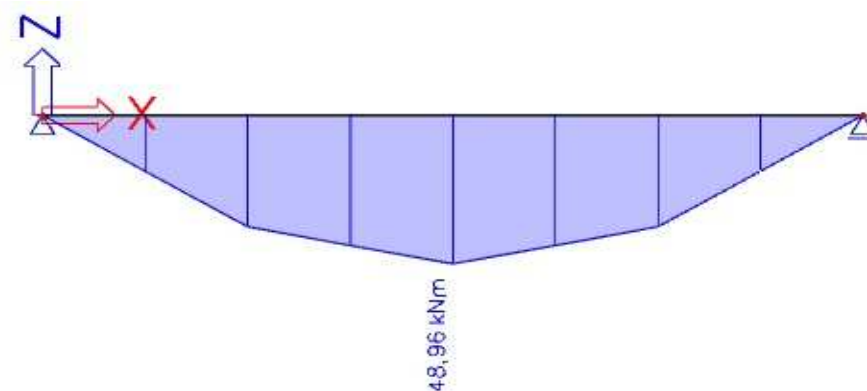


ZS3: proměnné

Vykreslení vnitřních sil pro MSÚ:



Posouvající síly



Momenty

Výsledné hodnoty vnitřních sil :

posouvací síla  $V_{sd} = 29,64 \text{ kN}$   
moment  $M_d = 48,96 \text{ kNm}$

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva: GL 28h

pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} =$	$28 \text{ N/mm}^2$
pevnost v tahu	$f_{t,0,g,k} =$	$19,5 \text{ N/mm}^2$
	$f_{t,90,g,k} =$	$0,45 \text{ N/mm}^2$
pevnost v tlaku	$f_{c,0,g,k} =$	$26,5 \text{ N/mm}^2$
	$f_{c,90,g,k} =$	$3 \text{ N/mm}^2$
pevnost ve smyku	$f_{v,g,k} =$	$3,2 \text{ N/mm}^2$
modul pružnosti	$E_{0,g,mean} =$	$12600 \text{ N/mm}^2$
	$E_{0,g,05} =$	$10200 \text{ N/mm}^2$
	$E_{90,g,mean} =$	$420 \text{ N/mm}^2$
modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} =$	$780 \text{ N/mm}^2$
hustota	$\rho_{g,k} =$	$410 \text{ kg/m}^3$

návrhové pevnosti

$f_{m,g,d} = k_{mod} * f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 28 / 1,25 = 20,16 \text{ MPa}$   
 $f_{v,g,d} = k_{mod} * f_{v,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 3,2 / 1,25 = 2,304 \text{ MPa}$

třída provozu 1  $k_{mod} = 0,9$

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$\gamma_m = 1,25$

Navržený trám:

šířka  $b = 200 \text{ mm}$   
výška  $h = 340 \text{ mm}$   
délka  $l = 5000 \text{ mm}$

**posouzení nosníku na ohyb**

(nosník není zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

W ... průřezový modul

$W = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 200 * 340^2$   
 $W = 3853333,3 \text{ mm}^3$

$\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu

$\sigma_{m,d} = M_d / W = 48,96 * 10^6 / 3853333$   
 $\sigma_{m,d} = 12,706 \text{ MPa}$

$\sigma_{crit} = 0,78 * E_{0,05} * b^2 / (h * l_{ef}) = 0,78 * 10200 * 200^2 / (340 * 5680)$

$l_{ef}$  ... účinná délka nosníku závislá na podmínkách uložení a uspořádání zatížení

$l_{ef} = l + 2 * h = 5000 + 2 * 340 = 5680 \text{ mm}$   
 $\sigma_{c,crit} = 164,789 \text{ MPa}$

$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5} = (28 / 164,789)^{0,5}$

$\lambda_{rel,m} = 0,412 \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$

posouzení:  $\sigma_{m,d} \leq k_{crit} * f_{m,g,d} = 1 * 20,16$

$k_{crit}$  ... součinitel, kterým se redukuje pevnost s ohledem na příčnou a torzní stabilitu

$12,706 \text{ MPa} \leq 20,16 \text{ MPa}$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na smyk v podpoře

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot V_{sd} / (2 \cdot b \cdot h)$$

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot 29640 / (2 \cdot 200 \cdot 340)$$

$$\tau_{v,d} = 0,65382$$

posouzení:	$\tau_{v,d}$	$\leq$	$f_{v,g,d}$
	0,654 MPa	$\leq$	2,304 MPa
Vyhovuje			

### posouzení nosníku na průhyb

$w_{inst}$  ... okamžitý průhyb (charakteristická kombinace zatížení)

$w_{fin}$  ... konečný průhyb

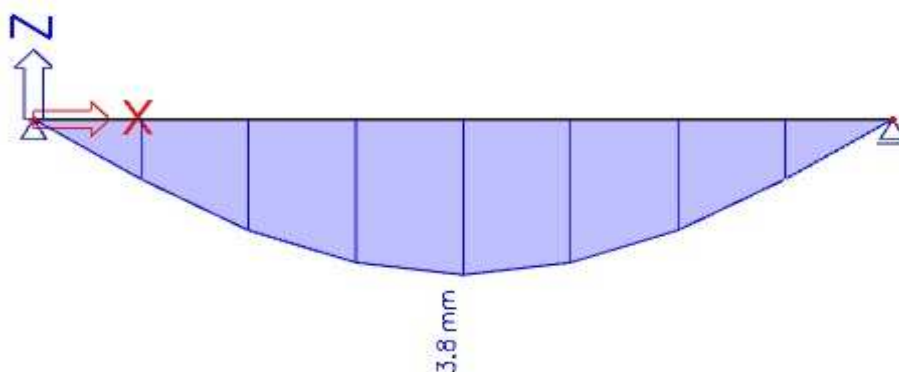
$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 3,8 + 7,2 \leq l/300$$

$w_{inst} =$	11 mm	$\leq$	17 mm
Vyhovuje			

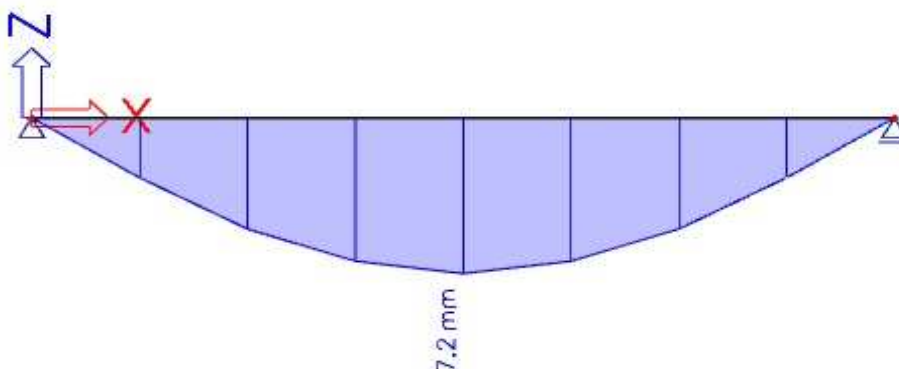
$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + k_{2,def}) = 3,8 \cdot (1 + 0,6) + 7,2 \cdot (1 + 0,25)$$

	$w_{fin}$	$\leq$	$l/250$
--	-----------	--------	---------

$w_{fin} =$	15,2 mm	$\leq$	20 mm
Vyhovuje			



Průhyb pro stálé zatížení ( $w_{inst,g}$ )



Průhyb pro proměnné zatížení ( $w_{inst,q}$ )

### 3.3 trémový strop 3.NP

#### 3.3.1 střední část - osy 2-3

##### 3.3.1.1 stropnice

Zatížení na strop

	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	ZŠ [m]	gk [kN/m]	vf [-]	gd [kN/m]
stálé	1,156	0,625	0,722	1,35	0,975
stropnice			0,101	1,35	0,136
celkem			0,823		1,111

	qk [kN/m <sup>2</sup> ]	ZŠ [m]	qk [kN/m]	vf [-]	qd [kN/m]
proměnné	2,5	0,625	1,563	1,5	2,344

Zatěžovací šířka a = 625 mm  
 délka l = 4500 mm (5000-180\*2-140)  
 šířka b = 120 mm  
 výška h = 240 mm

třída provozu 1 k<sub>mod</sub> = 0,8  
 doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti  
 γ<sub>m</sub> = 1,3

Třída pevnosti rostlého dřeva: C24

pevnost v ohybu	f <sub>m,g,k</sub> =	24 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu	f <sub>t,0,g,k</sub> =	14 N/mm <sup>2</sup>
	f <sub>t,90,g,k</sub> =	0,4 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tlaku	f <sub>c,0,g,k</sub> =	21 N/mm <sup>2</sup>
	f <sub>c,90,g,k</sub> =	2,5 N/mm <sup>2</sup>
pevnost ve smyku	f <sub>v,g,k</sub> =	4 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti	E <sub>0,g,mean</sub> =	11000 N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>0,g,05</sub> =	7400 N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>90,g,mean</sub> =	370 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti ve smyku	G <sub>g,mean</sub> =	690 N/mm <sup>2</sup>
hustota	ρ <sub>g,k</sub> =	350 kg/m <sup>3</sup>

návrhové pevnosti  
 $f_{m,g,d} = k_{mod} * f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 24 / 1,3 = 14,769 \text{ MPa}$

#### posouzení nosníku na ohyb

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 120 * 240^2$$

$$W = 1152000 \text{ mm}^3$$

σ<sub>m,d</sub> ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = (g_d + q_d) * l^2 / (8 * W) = (1,111 + 2,344) * 4500^2 / (8 * 1152000)$$

$$\sigma_{m,d} = 7,592 \text{ MPa}$$

posouzení: σ<sub>m,d</sub> ≤ f<sub>m,g,d</sub>  
 7,592 MPa ≤ 14,76923 MPa  
 Vyhovuje



### posouzení nosníku na průhyb

$$w_{inst,g} = 5 \cdot g_d \cdot l^4 / (384 \cdot EI) = 5 \cdot 1,111 \cdot 4500^4 / (384 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 120 \cdot 240^3))$$

$$w_{inst,g} = 3,425 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = 5 \cdot q_d \cdot l^4 / (384 \cdot EI) = 5 \cdot 2,344 \cdot 4500^4 / (384 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 120 \cdot 240^3))$$

$$w_{inst,q} = 8,230 \text{ mm}$$

$$w_{inst} \leq l/300$$

$$w_{inst} = 11,654 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1+k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1+k_{2,def}) = 3,425 \cdot (1+0,6) + 8,23 \cdot (1+0,25)$$

$$w_{fin} \leq l/200$$

$$w_{fin} = 15,766 \text{ mm} \leq 23 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### 3.3.1.2 průvlak

Zatížení na strop

	gk	ZŠ	gk	vf	gd
	[kN/m]	[m]	[kN]	[-]	[kN]
stálé	0,722	5	3,612	1,35	4,877
stropnice	0,1008	4,5	0,454	1,35	0,612
celkem			4,066		5,489

	qk	ZŠ	qk	vf	qd
	[kN/m]	[m]	[kN]	[-]	[kN]
proměnné	1,5625	5	7,813	1,5	11,719

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva:

GL 28h

pevnost v ohybu

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ N/mm}^2$$

pevnost v tahu

$$f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

pevnost v tlaku

$$f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,g,k} = 3 \text{ N/mm}^2$$

pevnost ve smyku

$$f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

modul pružnosti

$$E_{0,g,mean} = 12600 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,g,05} = 10200 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,g,mean} = 420 \text{ N/mm}^2$$

modul pružnosti ve smyku

$$G_{g,mean} = 780 \text{ N/mm}^2$$

hustota

$$\rho_{g,k} = 410 \text{ kg/m}^3$$

návrhové pevnosti

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 \cdot 28 / 1,25 = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot f_{v,g,k} / \gamma_m = 0,9 \cdot 3,2 / 1,25 = 2,048 \text{ MPa}$$

třída provozu 1

$$k_{mod} = 0,8$$

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$$\gamma_m = 1,25$$

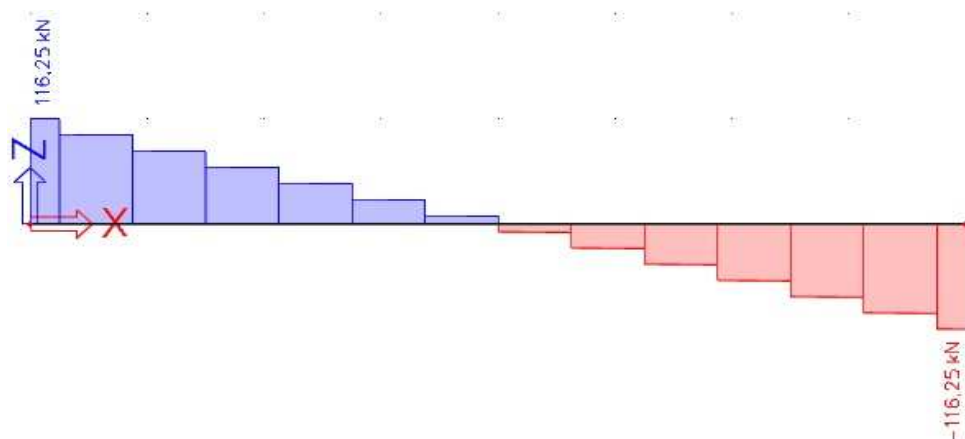
Navržený průvlak:

$$\text{šířka } b = 360 \text{ mm} = 2 \cdot 180$$

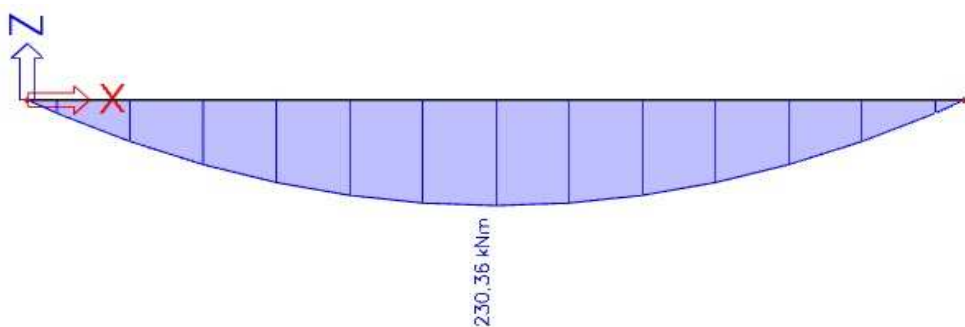
$$\text{výška } h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{délka } l = 8000 \text{ mm}$$

Vykreslení vnitřních sil pro MSŮ:



*Posouvající síla*



*Moment*

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = 230,36 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 116,25 \text{ kN}$$

**posouzení nosníku na ohyb**

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 360 \cdot 500^2$$

$$W = 15000000 \text{ mm}^3$$

$\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = M/W = 230,36 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 10^7)$$

$$\sigma_{m,d} = 15,357 \text{ MPa}$$

posouzení:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$

$$15,357 \text{ MPa} \leq 17,92 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na smyk v podpoře

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot V_{Ed} / (2 \cdot b \cdot h)$$

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot 116,25 \cdot 10^3 / (2 \cdot 360 \cdot 500)$$

$$\tau_{v,d} = 0,969 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{posouzení: } \tau_{v,d} &\leq f_{v,g,d} \\ 0,969 \text{ MPa} &\leq 2,048 \text{ MPa} \\ &\text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

### posouzení nosníku na průhyb

$$w_{inst,g} = 8,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = 15,2 \text{ mm}$$

(průhyby jsou převzaty z programu SCIA)

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} \leq l/300$$

$$\begin{aligned} w_{inst} &= 24,10 \text{ mm} \leq 26,67 \text{ mm} \\ &\text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1+k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1+k_{2,def}) = 8,9 \cdot (1+0,6) + 15,2 \cdot (1+0,25)$$

$$w_{fin} \leq l/200$$

$$\begin{aligned} w_{fin} &= 33,24 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \\ &\text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

### 3.3.2 krajní část - osy 1-2;2-3

#### 3.3.2.1 stropnice

Zatížení na strop - zatížení pouze od podhledu (rošt+SDK+OSB deska)

	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	ZŠ [m]	gk [kN/m]	γf [-]	gd [kN/m]
stálé	0,283	0,625	0,177	1,35	0,238
stropnice			0,049	1,35	0,066
celkem			0,226		0,305

	Qk [kN]	umístění [m]	Qk [kN]	γf [-]	Qd [kN]
proměnné	0,5	2,5	0,500	1,5	0,750

Zatěžovací šířka	a =	625 mm	
délka	l =	4620 mm	(5000-120*2-140)
šířka	b =	100 mm	
výška	h =	140 mm	

$$\text{třída provozu 1} \quad k_{mod} = 0,8$$

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$$\gamma_m = 1,3$$

Třída pevnosti rostlého dřeva: C24

### posouzení nosníku na ohyb

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 100 \cdot 140^2$$

$$W = 326666,7 \text{ mm}^3$$

σ<sub>m,d</sub> ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = (g_d \cdot l^2 / 8 + Q_d \cdot l / 4) / W = (0,305 \cdot 4620^2 / 8 + 0,75 \cdot 4620 / 4) / 326667$$

$$\sigma_{m,d} = 2,490 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{posouzení: } \sigma_{m,d} &\leq f_{m,g,d} \\ 2,490 \text{ MPa} &\leq 14,76923 \text{ MPa} \\ &\text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

### posouzení nosníku na průhyb

$$w_{inst,g} = 5 \cdot g_d \cdot l^4 / (384 \cdot EI) = 5 \cdot 0,305 \cdot 4620^4 / (384 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 100 \cdot 140^3))$$

$$w_{inst,g} = 7,181 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = Q_d \cdot l^3 / (48 \cdot EI) = 0,75 \cdot 4620^3 / (48 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 80 \cdot 140^3))$$

$$w_{inst,q} = 6,126 \text{ mm}$$

$$w_{inst} \leq l/300$$

$$w_{inst} = 13,307 \text{ mm} \leq 15,400 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + k_{2,def}) = 7,181 \cdot (1 + 0,6) + 6,126 \cdot (1 + 0,25)$$

$$w_{fin} \leq l/200$$

$$w_{fin} = 19,147 \text{ mm} \leq 23 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### 3.3.2.2 průvlak

Zatížení na strop

	gk [kN/m]	Zš [m]	gk [kN]	γf [-]	gd [kN]
stálé	0,177	5	0,883	1,35	1,192
stropnice	0,049	4,62	0,226	1,35	0,306
celkem			1,109		1,497

	Qk [kN]	umístění [m]	Qk [kN]	γf [-]	Qd [kN]
proměnné	0,5	3	0,500	1,5	0,750

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva: GL 28h

třída provozu 1  $k_{mod} = 0,8$

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$$\gamma_m = 1,25$$

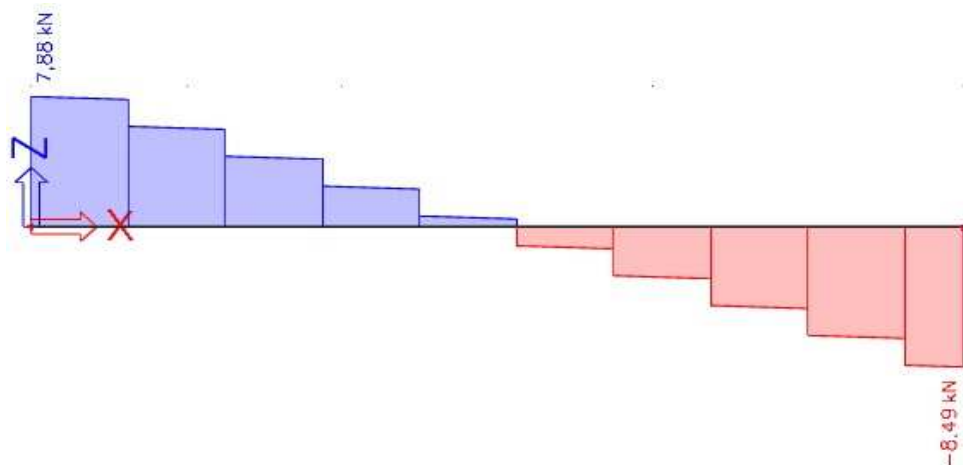
Navržený průvlak:

$$\text{šířka } b = 240 \text{ mm} = 2 \cdot 120$$

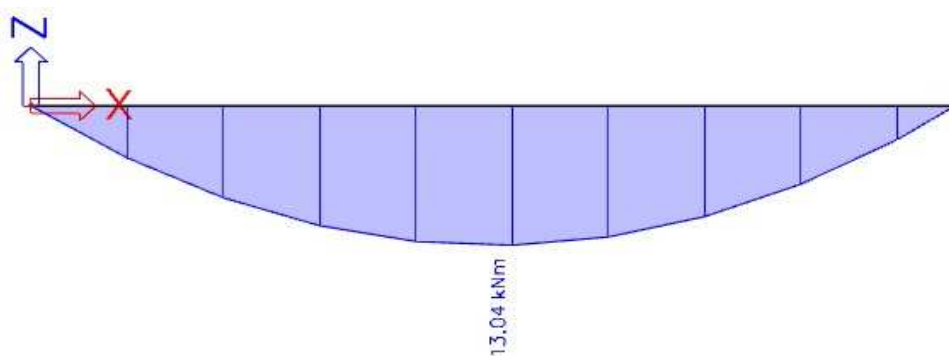
$$\text{výška } h = 200 \text{ mm}$$

$$\text{délka } l = 6000 \text{ mm}$$

Vykreslení vnitřních sil pro MSÚ:



Posouvající síla



Moment

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = 13,04 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 8,49 \text{ kN}$$

#### posouzení nosníku na ohyb

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 240 * 200^2$$

$$W = 1600000 \text{ mm}^3$$

$\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = M/W = 13,04 * 10^6 / (1,6 * 10^6)$$

$$\sigma_{m,d} = 8,150 \text{ MPa}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{posouzení: } \sigma_{m,d} & \leq & f_{m,g,d} \\ 8,150 \text{ MPa} & \leq & 17,92 \text{ MPa} \\ & & \text{Vyhovuje} \end{array}$$

#### posouzení nosníku na smyk v podpoře

$$\tau_{v,d} = 3 * V_{Ed} / (2 * b * h)$$

$$\tau_{v,d} = 3 * 8,49 * 10^3 / (2 * 240 * 200)$$

$$\tau_{v,d} = 0,265 \text{ MPa}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{posouzení: } \tau_{v,d} & \leq & f_{v,g,d} \\ 0,265 \text{ MPa} & \leq & 2,048 \text{ MPa} \\ & & \text{Vyhovuje} \end{array}$$

#### posouzení nosníku na průhyb

(průhyb  $w_{inst,g}$  je převzat z programu SCIA)

$$w_{inst,g} = 17 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = Q_d * l^3 / (48 * EI) = 0,75 * 4620^3 / (48 * 12600 * (1/12 * 100 * 240^3))$$

$$w_{inst,q} = 1,67 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{lcl} w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} & \leq & l/300 \\ w_{inst} = 18,67 \text{ mm} & \leq & 20,00 \text{ mm} \\ & & \text{Vyhovuje} \end{array}$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} * (1 + k_{1,def}) + w_{inst,q} * (1 + k_{2,def}) = 17 * (1 + 0,6) + 1,67 * (1 + 0,25)$$

$$\begin{array}{lcl} w_{fin} & \leq & l/200 \\ w_{fin} = 23,93 \text{ mm} & \leq & 30 \text{ mm} \\ & & \text{Vyhovuje} \end{array}$$

### 3.4 trémový strop 2.NP a 1.NP

#### 3.4.1 stropnice

Zatížení na strop

	gk	ZŠ	gk	vf	gd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
stále	1,156	0,625	0,722	1,35	0,975
stropnice			0,124	1,35	0,168
celkem			0,847		1,143

	qk	ZŠ	qk	vf	qd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
proměnné	2,5	0,625	1,5625	1,5	2,344
příčky	0,8	0,625	0,5	1,5	0,750
					3,094

- vlastní tíha přemístitelných příček může být uvažována jako ekvivalentní rovnoměrné zatížení q<sub>k</sub> přidané k užitému zatížení

Zatěžovací šířka	a =	625 mm
délka	l =	4460 mm
šířka	b =	140 mm
výška	h =	240 mm

třída provozu 1	k <sub>mod</sub> =	0,8
doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti		
γ <sub>m</sub> =	1,3	

Třída pevnosti rostlého dřeva:

C24

pevnost v ohybu	f <sub>m,g,k</sub> =	24 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu	f <sub>t,0,g,k</sub> =	14 N/mm <sup>2</sup>
	f <sub>t,90,g,k</sub> =	0,4 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tlaku	f <sub>c,0,g,k</sub> =	21 N/mm <sup>2</sup>
	f <sub>c,90,g,k</sub> =	2,5 N/mm <sup>2</sup>
pevnost ve smyku	f <sub>v,g,k</sub> =	4 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti	E <sub>0,g,mean</sub> =	11000 N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>0,g,05</sub> =	7400 N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>90,g,mean</sub> =	370 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti ve smyku	G <sub>g,mean</sub> =	690 N/mm <sup>2</sup>
hustota	ρ <sub>g,k</sub> =	350 kg/m <sup>3</sup>

návrhové pevnosti

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 \cdot 24 / 1,3 = 14,769 \text{ MPa}$$

#### posouzení nosníku na ohyb

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 140 \cdot 240^2$$

$$W = 1344000 \text{ mm}^3$$

σ<sub>m,d</sub> ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = (g_d + q_d) \cdot l^2 / (8 \cdot W) = (1,143 + 3,094) \cdot 4460^2 / (8 \cdot 1344000)$$

$$\sigma_{m,d} = 7,838 \text{ MPa}$$

posouzení: σ<sub>m,d</sub> ≤ f<sub>m,g,d</sub>

$$7,838 \text{ MPa} \leq 14,769 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na průhyb

$$w_{inst,g} = 5 \cdot g_d \cdot l^4 / (384 \cdot EI) = 5 \cdot 1,143 \cdot 4460^4 / (384 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 140 \cdot 240^3))$$

$$w_{inst,g} = 2,832 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = 5 \cdot q_d \cdot l^4 / (384 \cdot EI) = 5 \cdot 3,094 \cdot 4460^4 / (384 \cdot 11000 \cdot (1/12 \cdot 140 \cdot 240^3))$$

$$w_{inst,q} = 8,984 \text{ mm}$$

$$w_{inst} \leq l/300$$

$$w_{inst} = 11,817 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1+k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1+k_{2,def}) = 2,832 \cdot (1+0,6) + 8,984 \cdot (1+0,25)$$

$$w_{fin} \leq l/200$$

$$w_{fin} = 15,7624 \text{ mm} \leq 22 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### 3.4.2 průvlak mezi osami 2-3

Zatížení na strop

	gk [kN/m]	ZŠ [m]	gk [kN]	γf [-]	gd [kN]
stálé	0,722	5	3,612	1,35	4,877
stropnice	0,124	4,46	0,554	1,35	0,749
celkem			3,737		5,625

	qk [kN/m]	ZŠ [m]	qk [kN]	γf [-]	qd [kN]
proměnné	2,0625	5	10,313	1,5	15,469

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva:

GL 28h

pevnost v ohybu

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ N/mm}^2$$

pevnost v tahu

$$f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

pevnost v tlaku

$$f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,g,k} = 3 \text{ N/mm}^2$$

pevnost ve smyku

$$f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

modul pružnosti

$$E_{0,g,mean} = 12600 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,g,05} = 10200 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,g,mean} = 420 \text{ N/mm}^2$$

modul pružnosti ve smyku

$$G_{g,mean} = 780 \text{ N/mm}^2$$

hustota

$$\rho_{g,k} = 410 \text{ kg/m}^3$$

návrhové pevnosti

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 \cdot 28 / 1,25 = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot f_{v,g,k} / \gamma_m = 0,9 \cdot 3,2 / 1,25 = 2,048 \text{ MPa}$$

třída provozu 1

k<sub>mod</sub> =

0,8

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$$\gamma_m = 1,25$$

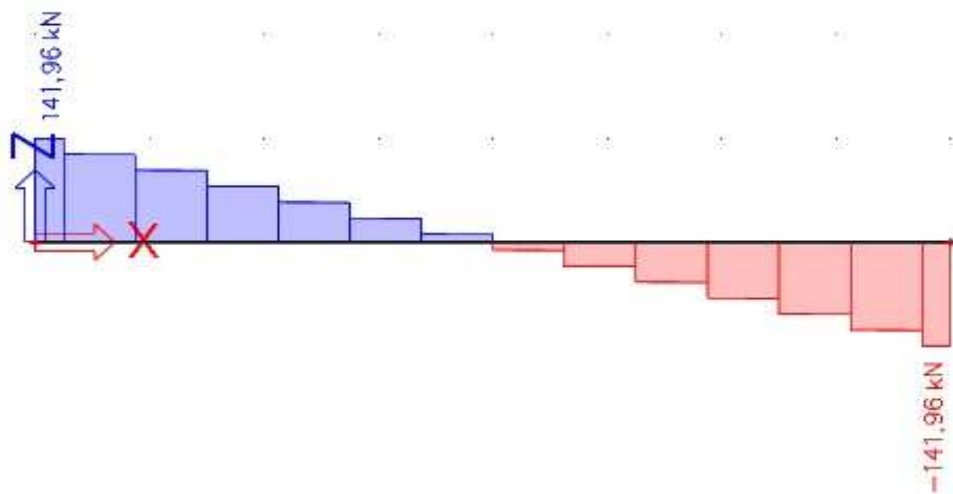
Navržený průvlak:

$$\text{šířka } b = 400 \text{ mm} = 2 \cdot 200$$

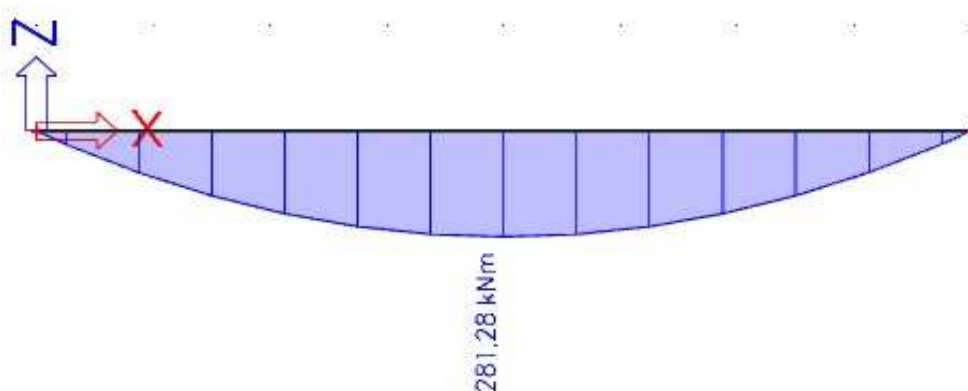
$$\text{výška } h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{délka } l = 8000 \text{ mm}$$

Vykreslení vnitřních sil pro MSÚ:



*Posouvající síla*



*Moment*

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = 281,28 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 141,96 \text{ kN}$$

**posouzení nosníku na ohyb**

W ... průřezový modul

$$W = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 400 * 500^2$$

$$W = 16666667 \text{ mm}^3$$

$\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = M/W = 281,28 * 10^6 / (2 * 10^7)$$

$$\sigma_{m,d} = 16,877 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$16,877 \text{ MPa} \leq 17,92 \text{ MPa}$$

Vyhovuje



**posouzení nosníku na smyk v podpoře**

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot V_{Ed} / (2 \cdot b \cdot h)$$

$$\tau_{v,d} = 3 \cdot 141,96 \cdot 10^3 / (2 \cdot 400 \cdot 500)$$

$$\tau_{v,d} = 1,0647$$

$$\begin{array}{llll} \text{posouzení:} & \tau_{v,d} & \leq & f_{v,g,d} \\ & 1,065 \text{ MPa} & \leq & 2,048 \text{ MPa} \\ & & & \text{Vyhovuje} \end{array}$$

**posouzení nosníku na průhyb**

$$w_{inst,g} = 8,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = 18,0 \text{ mm}$$

(průhyby jsou převzaty z programu SCIA)

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} \leq l/300$$

$$w_{inst} = 26,3 \text{ mm} \leq 26,67 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + k_{2,def}) = 8,3 \cdot (1 + 0,6) + 18 \cdot (1 + 0,25)$$

$$w_{fin} \leq l/200$$

$$w_{fin} = 35,78 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### 3.5 sloupy

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva:

GL 28h

pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} =$	28 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu	$f_{t,0,g,k} =$	19,5 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{t,90,g,k} =$	0,45 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tlaku	$f_{c,0,g,k} =$	26,5 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{c,90,g,k} =$	3 N/mm <sup>2</sup>
pevnost ve smyku	$f_{v,g,k} =$	3,2 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti	$E_{0,g,mean} =$	12600 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{0,g,05} =$	10200 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{90,g,mean} =$	420 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} =$	780 N/mm <sup>2</sup>
hustota	$\rho_{g,k} =$	410 kg/m <sup>3</sup>

návrhové pevnosti

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 28 / 1,25 = 20,16 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_m = 0,9 * 26,5 / 1,25 = 19,08 \text{ MPa}$$

třída provozu 1  $k_{mod} =$  0,9

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$$\gamma_m = 1,25$$

#### 2.5.1 sloup podírající střešní vazník - 4.NP

délka sloupu  $l =$  2410 mm

výška  $h =$  140 mm

šířka  $b =$  140 mm

vlastní tíha sloupu  $\rho_{g,k} * h * b * l * 1,35 =$  0,261 kN

osová síla od trámu podírajícího vazník 59,28 kN (V<sub>Ed</sub>)

Návrhová osová síla  $N_d =$  59,541 kN

#### posouzení tlačného prutu na vzpěr

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 59541 / (140 * 140)$$

$\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = 3,038 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda = l_{ef} / i = 2410 / (0,2886 * 140)$$

$$\lambda = 59,632$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05} / (\lambda^2) = \pi^2 * 10200 / (59,632^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 28,310 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 28,31)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 0,968$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,968 - 0,5) + 0,968^2]$$

$$k = 0,991$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [0,991 + (0,991^2 - 0,968^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,828$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_c * f_{c,0,d} = 0,828 * 19,08$$

$$3,038 \text{ MPa} \leq 15,797 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 3.5.2 sloup 3.NP

délka sloupu	$l =$	3400 mm
výška vnitřní části	$h_1 =$	200 mm
šířka vnitřní části	$b_1 =$	140 mm
výška přílohy	$h_2 =$	200 mm
šířka přílohy	$b_2 =$	100 mm

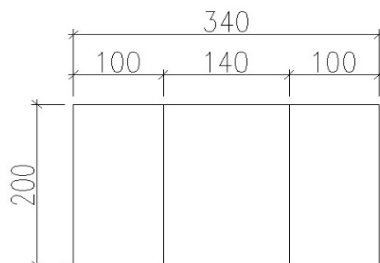
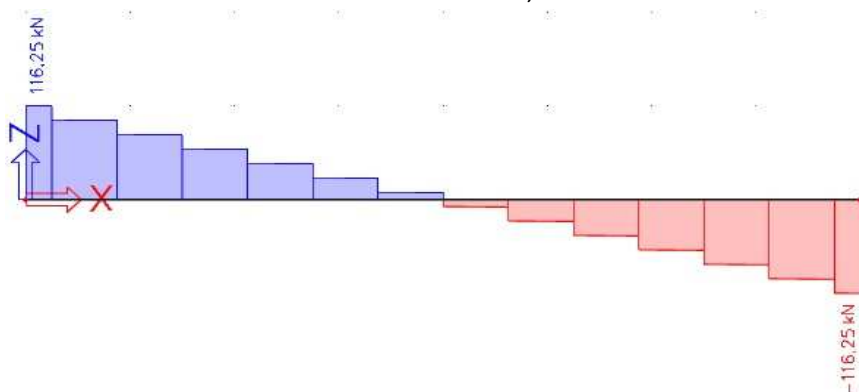


Schéma sloupu

zatížení z 4.NP

osová síla	59,541 kN
zatížení ze stropu 3.NP	$= 116,25 + 8,49$ ( $V_{Ed}$ od průvlaků)
osová síla	124,74 kN



vlastní tíha sloupu	1,280 kN
Návrhová osová síla	$N_d =$ 185,56 kN

#### 3.5.2.1 Vybočení ve směru osy z

průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_1 \cdot h_1 \\
 A_1 &= 28000 \text{ mm}^2 \\
 I_{y1} &= \frac{1}{12} \cdot h_1 \cdot b_1^3 \\
 I_{y1} &= 45733333 \text{ mm}^4 \\
 A_2 &= b_2 \cdot h_2 \\
 A_2 &= 20000 \text{ mm}^2 \\
 I_{y2} &= \frac{1}{12} \cdot h_2 \cdot b_2^3 \\
 I_{y2} &= 16666667 \text{ mm}^4 \\
 A_{tot} &= A_1 + 2 \cdot A_2 = 68000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$E_1 = E_2 = E_{mean}$$

Návrh spojovacího prostředku:

vřut se zápusťnou hlavou 6/120 mm

$$K_{ser} = p_m^{1,5} \cdot d / 23$$

- pro spoje beton-dřevo se má  $K_{ser}$  stanovit pomocí  $p_m$  pro dřevěný prvek

$$K_{ser} = 410^{1,5} \cdot (6/23) = 2165,7$$

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 2165,7 = 1443,8$$

### Účinná ohybová tuhost

$$(EI)_{ef} = E_{0,g,mean}(I_1 + 2 \cdot (I_2 + \gamma_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2))$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot s_{ef} / (K_u \cdot I^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot 12600 \cdot 20000 \cdot 200 / (1443,8 \cdot 3400^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = 0,032$$

$$\gamma_1 = 1$$

$$a_1 = 0 \text{ mm}$$

$$a_2 = (b_2 + b_1) / 2 = (140 + 100) / 2 = 120 \text{ mm}$$

$$(EI)_{ef} = 12600 \cdot ((16666667 + 0,032 \cdot 20000 \cdot 120^2) \cdot 2 + 45733333)$$

$$(EI)_{ef} = 1,23185E+12 \text{ MPamm}^4$$

### posouzení tlačného prutu na vzpěr

#### účinný štíhlostní poměr

$$\lambda_{ef} = l \cdot (A_{tot} / I_{ef})^{0,5}$$

$$\lambda_{ef} = 89,668$$

$$l_{ef} = (EI)_{ef} / E = 1,23 \cdot 10^{12} / 12600$$

$$l_{ef} = 97765955 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{tot} = 185,56 / 68000$$

$\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = 2,729 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_{ef}^2) = \pi^2 \cdot 10200 / (89,668^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 12,520 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 12,52)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,455$$

#### součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,455 - 0,5) + 1,455^2]$$

$$k = 1,606$$

$$k_{c,y} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,606 + (1,606^2 - 1,455^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,437$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 0,437 \cdot 19,08$$

$$2,729 \text{ MPa} \leq 8,346 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 3.5.2.2 Vybočení ve směru osy y

Zatížení:

$$\begin{aligned} \text{osová síla} \quad N_d &= 185,56 \text{ kN} \\ \text{moment od průvlaků} \quad M_d &= N_d \cdot h / 4 \\ M_d &= 5,39 \text{ kNm} \end{aligned}$$

průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned} A_1 &= b_1 \cdot h_1 \\ A_1 &= 28000 \text{ mm}^2 \\ I_{z1} &= 1/12 \cdot b_1 \cdot h_1^3 \\ I_{z1} &= 93333333 \text{ mm}^4 \\ A_2 &= b_2 \cdot h_2 \\ A_2 &= 20000 \text{ mm}^2 \\ I_{z2} &= 1/12 \cdot b_2 \cdot h_2^3 \\ I_{z2} &= 66666667 \text{ mm}^4 \\ A_{\text{tot}} &= A_1 + 2 \cdot A_2 = 68000 \text{ mm}^2 \\ W &= (I_1 + 2 \cdot I_2) / z \\ W &= (9,3 \cdot 10^7 + 2 \cdot 6,67 \cdot 10^7) / 100 \\ W &= 2266667 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

#### posouzení prutu na ohyb a osový tlak

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{\text{tot}} = 185,56 / 68000$$

$\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = 2,729 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = M_d / W = 5,39 \cdot 10^6 / 2266667$$

$\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = 2,377 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l / ((I_1 + 2 \cdot I_2) / A_{\text{tot}}) = 3400 / ((9,3 \cdot 10^7 + 2 \cdot 6,67 \cdot 10^7) / 68000)$$

$$\lambda_z = 58,890$$

$$\sigma_{c,\text{crit}} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 10200 / (58,89^2)$$

$$\sigma_{c,\text{crit}} = 29,028 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel}} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit}})^{0,5} = (26,5 / 29,028)^{0,5}$$

$$\lambda_{\text{rel}} = 0,955$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0,5) + \lambda_{\text{rel}}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,955 - 0,5) + 0,955^2]$$

$$k = 0,979$$

$$k_{c,z} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{\text{rel}}^2)^{0,5}] = 1 / [0,979 + (0,979^2 - 0,955^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,838$$

posouzení:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} &\leq 1 \\ 0,289 \text{ MPa} &\leq 1 \end{aligned}$$

Vyhovuje

### 3.5.3 sloup 2.NP

délka sloupu	$l =$	3400 mm
výška vnitřní části	$h_1 =$	200 mm
šířka vnitřní části	$b_1 =$	140 mm
výška příložky	$h_2 =$	200 mm
šířka příložky	$b_2 =$	100 mm

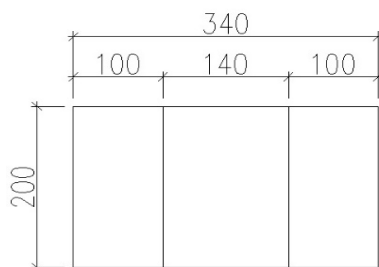
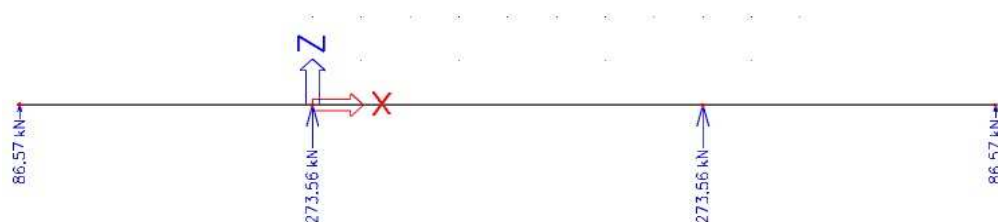


Schéma sloupu

zatížení z 3.NP	osová síla	60,821 kN
	osová síla ( $V_{Ed}$ pro průvlak)	124,74 kN
zatížení ze stropu 2.NP	osová síla	273,56 kN



Podporové reakce od průvlaku (pole 6-8-6 metrů)

vlastní tíha sloupu		1,280 kN
Návrhová osová síla	$N_d =$	460,40 kN

#### 3.5.3.1 Vybočení ve směru osy z

průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_1 \cdot h_1 \\
 A_1 &= 28000 \text{ mm}^2 \\
 I_{y1} &= 1/12 \cdot h_1 \cdot b_1^3 \\
 I_{y1} &= 45733333 \text{ mm}^4 \\
 A_2 &= b_2 \cdot h_2 \\
 A_2 &= 20000 \text{ mm}^2 \\
 I_{y2} &= 1/12 \cdot h_2 \cdot b_2^3 \\
 I_{y2} &= 16666667 \text{ mm}^4 \\
 A_{tot} &= A_1 + 2 \cdot A_2 = 68000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$E_1 = E_2 = E_{mean}$$

Návrh spojovacího prostředku:

vřut se záпустnou hlavou 6/120 mm

$$K_{ser} = p_m^{1,5} \cdot d/23$$

- pro spoje beton-dřevo se má  $K_{ser}$  stanovit pomocí  $p_m$  pro dřevěný prvek

$$K_{ser} = 410^{1,5} \cdot (6/23) = 2165,7$$

$$K_u = 2/3 \cdot K_{ser} = 2/3 \cdot 2165,7 = 1443,8$$

### Účinná ohybová tuhost

$$(EI)_{ef} = E_{0,g,mean}(I_1 + 2 \cdot (I_2 + \gamma_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2))$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot s_{ef} / (K_u \cdot I^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot 12600 \cdot 20000 \cdot 200 / (1443,8 \cdot 3400^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = 0,032$$

$$\gamma_1 = 1$$

$$a_1 = 0 \text{ mm}$$

$$a_2 = (b_2 + b_1) / 2 = (140 + 100) / 2 = 120 \text{ mm}$$

$$(EI)_{ef} = 12600 \cdot ((1,67 \cdot 10^7 + 0,032 \cdot 20000 \cdot 100^2) \cdot 2 + 4,57 \cdot 10^7)$$

$$(EI)_{ef} = 1,23185E+12 \text{ MPamm}^4$$

### posouzení tlačného prutu na vzpěr

#### účinný štíhlostní poměr

$$\lambda_{ef} = l \cdot (A_{tot} / I_{ef})^{0,5}$$

$$\lambda_{ef} = 89,668$$

$$I_{ef} = (EI)_{ef} / E = 1,23 \cdot 10^{12} / 12600$$

$$I_{ef} = 97765955 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{tot} = 460400 / 68000$$

$\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = 6,771 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_{ef}^2) = \pi^2 \cdot 10200 / (89,668^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 12,520 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 12,52)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,455$$

#### součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,455 - 0,5) + 1,455^2]$$

$$k = 1,606$$

$$k_{c,y} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,606 + (1,606^2 - 1,455^2)^{0,5}]$$

$$k_{c,y} = 0,437$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 0,437 \cdot 19,08$$

$$6,771 \text{ MPa} \leq 8,346 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 3.5.3.2 Vybočení ve směru osy y

Zatížení:

$$\begin{aligned} \text{osová síla} \quad N_d &= 460,40 \text{ kN} \\ \text{moment od průvlaků - vznikající z důvodu uložení průvlaků mimo osu prvku} \\ M_d &= h/4 * ((116,25+141,96)-(8,49+94,932)) \\ M_d &= 7,739 \text{ kNm} \end{aligned}$$

průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned} A_1 &= b_1 * h_1 \\ A_1 &= 28000 \text{ mm}^2 \\ I_{z1} &= 1/12 * b_1 * h_1^3 \\ I_{z1} &= 93333333 \text{ mm}^4 \\ A_2 &= b_2 * h_2 \\ A_2 &= 20000 \text{ mm}^2 \\ I_{z2} &= 1/12 * b_2 * h_2^3 \\ I_{z2} &= 66666667 \text{ mm}^4 \\ A_{tot} &= A_1 + A_2 = 68000 \text{ mm}^2 \\ W &= (I_1 + 2 * I_2) / z \\ W &= (9,3 * 10^7 + 2 * 6,7 * 10^7) / 100 \\ W &= 2266667 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

#### posouzení prutu na ohyb a osový tlak

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= N_d / A_{tot} = 460400 / 68000 \\ \sigma_{c,0,d} &\dots \text{normálové napětí v tlaku} \\ \sigma_{c,0,d} &= 6,771 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,d} &= M_d / W = 7,739 * 10^6 / 2266667 \\ \sigma_{m,d} &\dots \text{normálové napětí za ohybu} \\ \sigma_{m,d} &= 3,414 \text{ MPa} \end{aligned}$$

štíhlostní poměry:

$$\begin{aligned} \lambda_z &= l / ((I_1 + 2 * I_2) / A_{tot}) = 3400 / ((9,3 * 10^7 + 2 * 6,7 * 10^7) / 68000) \\ \lambda &= 58,890 \\ \sigma_{c,crit} &= \pi^2 * E_{0,05} / (\lambda_{ef}^2) = \pi^2 * 10200 / (58,89^2) \\ \sigma_{c,crit} &= 29,028 \text{ MPa} \\ \lambda_{rel} &= (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 29,028)^{0,5} \\ \lambda_{rel} &= 0,955 \end{aligned}$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\begin{aligned} k &= 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2] \\ \beta_c &\dots \text{součinitel pro prvky splňující meze zakřivení} \\ \beta_c &= 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)} \\ k &= 0,5 * [1 + 0,1 * (0,955 - 0,5) + 0,955^2] \\ k &= 0,979 \\ k_{c,z} &= 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [0,979 + (0,979^2 - 0,955^2)^{0,5}] \\ k_{c,z} &= 0,838 \end{aligned}$$

posouzení:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} * f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} &\leq 1 \\ 0,593 \text{ MPa} &\leq 1 \\ &\text{Vyhovuje} \end{aligned}$$



### 3.5.4 sloup 1.NP

délka sloupu	$l =$	3380 mm
výška vnitřní části	$h_1 =$	300 mm
šířka vnitřní části	$b_1 =$	140 mm
výška příložky	$h_2 =$	300 mm
šířka příložky	$b_2 =$	100 mm

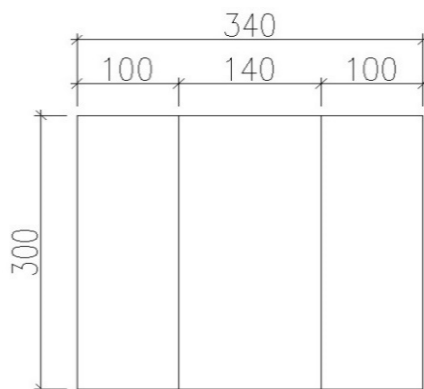


Schéma sloupu

zatížení z 2.NP	osová síla	62,101 kN
	osová síla	398,3 kN
zatížení ze stropu 1.NP	osová síla	273,56 kN
vlastní tíha sloupu		3,630 kN
Návrhová osová síla	$N_d =$	737,59 kN

#### 3.5.4.1 Vybočení ve směru osy z

průřezové charakteristiky:

$$A_1 = b_s \cdot h_s$$

$$A_1 = 42000 \text{ mm}^2$$

$$I_{y1} = \frac{1}{12} \cdot h_s \cdot b_s^3$$

$$I_{y1} = 68600000 \text{ mm}^4$$

$$A_2 = b_p \cdot h_p$$

$$A_2 = 30000 \text{ mm}^2$$

$$I_{y2} = \frac{1}{12} \cdot h_p \cdot b_p^3$$

$$I_{y2} = 25000000 \text{ mm}^4$$

$$A_{tot} = A_1 + 2 \cdot A_2 = 102000 \text{ mm}^2$$

$$E_1 = E_2 = E_{mean}$$

Návrh spojovacího prostředku:

vrut se zápustnou hlavou 6/120 mm

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot d/23$$

- pro spoje beton-dřevo se má  $K_{ser}$  stanovit pomocí  $\rho_m$  pro dřevěný prvek

$$K_{ser} = 410^{1,5} \cdot (6/23) = 2165,7$$

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 2165,7 = 1443,8$$

#### Účinná ohybová tuhost

$$(EI)_{ef} = E_{0,g,mean}(I_1 + 2 \cdot (I_2 + \gamma_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2))$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot s_{ef} / (K_u \cdot I^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = [1 + \pi^2 \cdot 12600 \cdot 30000 \cdot 200 / (1443,8 \cdot 3380^2)]^{-1}$$

$$\gamma_2 = 0,022$$

$$\gamma_1 = 1$$

$$a_1 = 0 \text{ mm}$$

$$a_2 = (b_2 + b_1) / 2 = (140 + 100) / 2 = 120 \text{ mm}$$

$$(EI)_{ef} = 12600 \cdot ((2,5 \cdot 10^7 + 0,02 \cdot 30000 \cdot 120^2) \cdot 2 + 6,86 \cdot 10^7)$$

$$(EI)_{ef} = 1,72982E+12 \text{ MPamm}^4$$

#### posouzení tlačného prutu na vzpěr

##### účinný štíhlostní poměr

$$\lambda_{ef} = l \cdot (A_{tot} / I_{ef})^{0,5}$$

$$\lambda_{ef} = 92,130$$

$$I_{ef} = (EI)_{ef} / E = 1,73 \cdot 10^{12} / 12600$$

$$I_{ef} = 137286906 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{tot} = 737590 / 102000$$

$\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = 7,231 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_{ef}^2) = \pi^2 \cdot 10200 / (92,13^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 11,860 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 11,86)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,495$$

##### součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,495 - 0,5) + 1,495^2]$$

$$k = 1,667$$

$$k_{c,y} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,667 + (1,667^2 - 1,495^2)^{0,5}]$$

$$k_{c,y} = 0,416$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 0,416 \cdot 19,08$$

$$7,231 \text{ MPa} \leq 7,935 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 3.5.4.2 Vybočení ve směru osy y

Zatížení:

osová síla  $N_d = 737,59 \text{ kN}$   
moment od průvlaků - vznikající z důvodu uložení průvlaků mimo osu prvku  
 $M_d = h/4 * ((116,25 + 2 * 141,96) - (8,49 + 2 * 94,932))$   
 $M_d = 14,69 \text{ kNm}$

průřezové charakteristiky:

$A_1 = b_1 * h_1$   
 $A_1 = 42000 \text{ mm}^2$   
 $I_{z1} = 1/12 * b_1 * h_1^3$   
 $I_{z1} = 315000000 \text{ mm}^4$   
 $A_2 = b_2 * h_2$   
 $A_2 = 30000 \text{ mm}^2$   
 $I_{z2} = 1/12 * b_2 * h_2^3$   
 $I_{z2} = 225000000 \text{ mm}^4$   
 $A_{tot} = A_1 + 2 * A_2 = 102000 \text{ mm}^2$   
 $W = (I_1 + 2 * I_2) / z$   
 $W = (3,15 * 10^8 + 2 * 2,25 * 10^8) / 150$   
 $W = 5100000 \text{ mm}^3$

### posouzení prutu na ohyb a osový tlak

$\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{tot} = 737590 / 102000$   
 $\sigma_{c,0,d}$  ... normálové napětí v tlaku  
 $\sigma_{c,0,d} = 7,231 \text{ MPa}$   
 $\sigma_{m,d} = M_d / W = 14690 * 10^6 / 5,1 * 10^6$   
 $\sigma_{m,d}$  ... normálové napětí za ohybu  
 $\sigma_{m,d} = 2,880 \text{ MPa}$

štíhlostní poměry:

$\lambda_z = l / ((I_1 + 2 * I_2) / A_{tot}) = 3380 / ((3,15 * 10^8 + 2 * 2,25 * 10^8) / 102000)$   
 $\lambda_z = 39,029$   
 $\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 * 10200 / (39,029^2)$   
 $\sigma_{c,crit} = 66,089 \text{ MPa}$   
 $\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 66,089)^{0,5}$   
 $\lambda_{rel} = 0,633$

součinitel vzpěrnosti:

$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$   
 $\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení  
 $\beta_c = 0,1$  (pro lepené lamelové dřevo)  
 $k = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,633 - 0,5) + 0,633^2]$   
 $k = 0,707$   
 $k_{c,z} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [0,707 + (0,707^2 - 0,633^2)^{0,5}]$   
 $k_{c,z} = 0,979$

posouzení:

$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} * f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$   
 $0,530 \text{ MPa} \leq 1$   
Vyhovuje

## 4. Obvodový plášť

Třída pevnosti rostlého dřeva:

C24

pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} =$	24 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu	$f_{t,0,g,k} =$	14 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{t,90,g,k} =$	0,4 N/mm <sup>2</sup>
pevnost v tlaku	$f_{c,0,g,k} =$	21 N/mm <sup>2</sup>
	$f_{c,90,g,k} =$	2,5 N/mm <sup>2</sup>
pevnost ve smyku	$f_{v,g,k} =$	4 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti	$E_{0,g,mean} =$	11000 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{0,g,05} =$	7400 N/mm <sup>2</sup>
	$E_{90,g,mean} =$	370 N/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} =$	690 N/mm <sup>2</sup>
hustota	$\rho_{g,k} =$	350 kg/m <sup>3</sup>

návrhové pevnosti

$f_{m,g,d} = k_{mod} * f_{m,g,k} / \gamma_m = 0,9 * 24 / 1,3 =$	16,62 MPa
$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_m = 0,9 * 21 / 1,3 =$	14,54 MPa
$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_m = 0,9 * 14 / 1,3 =$	9,69 MPa
$f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_m = 0,9 * 0,4 / 1,3 =$	1,73 MPa

třída provozu 1

$k_{mod} =$

0,9

doporučený dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnosti

$\gamma_m =$

1,3

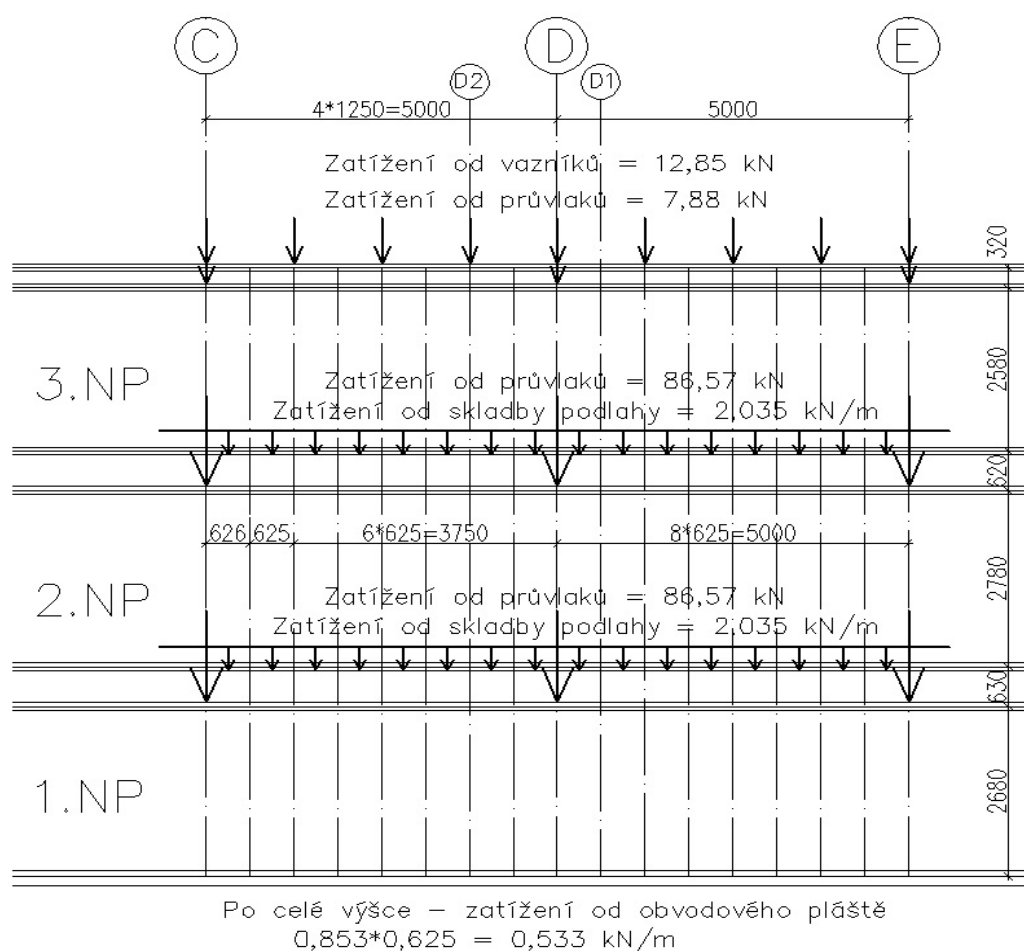
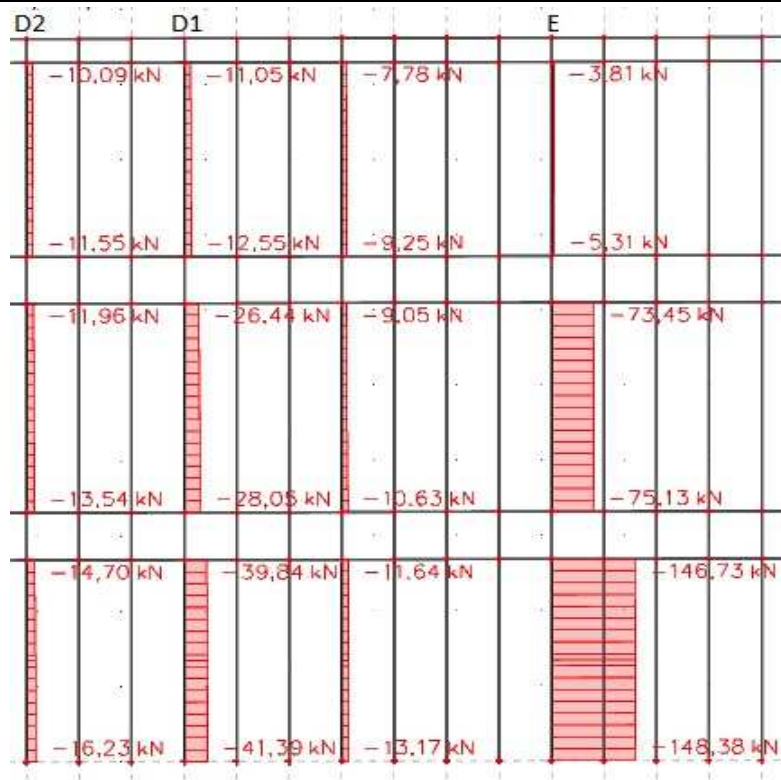


Schéma rozmístění sloupků obvodového pláště a zatížení



Vykreslení normálových sil na konstrukci

#### 4.1 sloup v ose E

##### 4.1.1 sloup v 1.NP

délka sloupu  $l =$  2490 mm (2680 - úložné prahy)

výška  $h =$  140 mm

šířka  $b =$  140 mm

Návrhová osová síla  $N_d =$  148,38 kN

zatížení od větru  $q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$

$q_d =$  0,736 kN/m

##### posouzení tlačného prutu na vzpěr

vybočení ve směru z

$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 148380 / (140 \cdot 140)$  - normálové napětí v tlaku

$\sigma_{c,0,d} =$  7,570 MPa

štíhlostní poměry:

$\lambda_z = l_{ef} / i_z = 2490 / 40$

$i_z = (I_z / A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^4 / A)^{0,5} = 0,2886 \cdot b =$  40,41

$\lambda_z =$  61,612

$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (61,612^2)$

$\sigma_{c,crit} =$  19,240 MPa

$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21 / 19,240)^{0,5}$

$\lambda_{rel} =$  1,0

součinitel vzpěrnosti:

$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel}^{0,5} + \lambda_{rel}^2)]$

$\beta_c =$  0,2 (pro rostlé dřevo)

$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1^{0,5} + 1^2)]$

$k =$  1,100

$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,1 + (1,1^2 - 1^2)^{0,5}]$

$k_c =$  0,692

posouzení:  $\sigma_{c,0,d} =$  ≤  $k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,692 \cdot 14,54$

7,570 MPa ≤ 10,060 MPa

Vyhovuje

### posouzení tláčeného prutu na vzpěr a ohyb

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 148380/(140 \cdot 140) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 7,570 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2 / (8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2490^2 / (8 \cdot 5 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 457333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 1,247 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2490/40$$

$$i_y = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 61,612$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (61,612^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 19,240 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/19,24)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,0$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1 - 0,5) + 1^2]$$

$$k = 1,100$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,1 + (1,1^2 - 1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,692$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$$

$$0,828 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

### 4.1.2 sloup v 2.NP

délka sloupu  $l = 2660 \text{ mm}$  (2780-úložné prahy)

výška  $h = 140 \text{ mm}$

šířka  $b = 120 \text{ mm}$

Návrhová osová síla  $N_d = 75,13 \text{ kN}$

zatížení od větru  $q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$

$$q_d = 0,736 \text{ kN/m}$$

### posouzení tláčeného prutu na vzpěr

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 75130/(140 \cdot 120) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,472 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2660/35$$

$$i_z = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 34,64$$

$$\lambda_z = 76,788$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (76,788^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 12,387 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/12,387)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,3$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,3 - 0,5) + 1,3^2]$$

$$k = 1,428$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[1,428 + (1,428^2 - 1,3^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,497$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = 4,472 \text{ MPa} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,497 \cdot 14,54$$

$$4,472 \text{ MPa} \leq 7,219 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### **posouzení tlačného prutu na vzpěr a ohyb**

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 75130/(120 \cdot 140) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,472 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2/(8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2660^2/(8 \cdot 4 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 392000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 1,660 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2660/40$$

$$i_y = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 65,818$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400/(65,818^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 16,859 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/16,859)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,1$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel}^{0,5}) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,1^{0,5}) + 1,1^2]$$

$$k = 1,184$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[1,184 + (1,184^2 - 1,1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,633$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$$

$$0,586 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

## **4.2 sloup v ose D1**

### **4.2.1 sloup v 1.NP**

$$\text{délka sloupu } l = 2490 \text{ mm} \quad (2680\text{-úložné prahy})$$

$$\text{výška } h = 140 \text{ mm}$$

$$\text{šířka } b = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Návrhová osová síla } N_d = 41,39 \text{ kN}$$

$$\text{zatížení od větru } q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_{\check{S}} = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$$

$$q_d = 0,736 \text{ kN/m}$$

### posouzení tláčeného prutu na vzpěr

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 41390/(140 \cdot 80) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 3,696 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2490/23$$

$$i_z = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 23,09$$

$$\lambda_z = 107,820$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400/(107,82^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 6,282 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/6,282)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,8$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,8 - 0,5) + 1,8^2]$$

$$k = 2,304$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[2,304 + (2,304^2 - 1,8^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,270$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,27 \cdot 14,54$$

$$3,696 \text{ MPa} \leq 3,922 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení tláčeného prutu na vzpěr a ohyb

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 41390/(80 \cdot 140) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 3,696 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2/(8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2490^2/(8 \cdot 3 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 261333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 2,182 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2490/40$$

$$i_y = (I_y/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 61,612$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400/(61,612^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 19,240 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/19,24)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,0$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1 - 0,5) + 1^2]$$

$$k = 1,100$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[1,1 + (1,1^2 - 1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,692$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d}/(k_c \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$$

$$0,499 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje



#### 4.2.2 sloup v 2.NP

délka sloupu	$l =$	2660 mm	(2780-úložné prahy)
výška	$h =$	140 mm	
šířka	$b =$	80 mm	
Návrhová osová síla	$N_d =$	28,05 kN	
zatížení od větru	$q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S =$	$0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$	
	$q_d =$	0,7358 kN/m	

#### posouzení tlačенého prutu na vzpěr

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 28050/(140 \cdot 80) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,504 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2660/23$$

$$i_z = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^3)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 23,09$$

$$\lambda_z = 115,181$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400/(115,181^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 5,505 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/5,505)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 2,0$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2 - 0,5) + 2^2]$$

$$k = 2,553$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[2,553 + (2,553^2 - 2^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,238$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,238 \cdot 12,92$$

$$2,504 \text{ MPa} \leq 3,465 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### posouzení tlačéného prutu na vzpěr a ohyb

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 28050/(140 \cdot 80) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,504 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2/(8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2660^2/(8 \cdot 3 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 261333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 2,490 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2660/40$$

$$i_y = (I_y/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^3)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 65,818$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400/(65,818^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 16,859 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/16,859)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,1$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,1 - 0,5) + 1,1^2]$$

$$k = 1,184$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,184 + (1,184^2 - 1,1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,633$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$$

$$0,422 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

#### 4.2.3 sloup v 3.NP

délka sloupu  $l = 2460 \text{ mm}$  (2580-úložné prahy)

výška  $h = 140 \text{ mm}$

šířka  $b = 60 \text{ mm}$

Návrhová osová síla  $N_d = 12,55 \text{ kN}$

zatížení od větru  $q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$

$$q_d = 0,736 \text{ kN/m}$$

**posouzení tlačného prutu na vzpěr**

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 12550 / (140 \cdot 60) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,494 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef} / i_z = 2460 / 17$$

$$i_z = (I_z / A)^{0,5} = (1 / 12 \cdot b^3)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 17,32$$

$$\lambda_z = 142,028$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (142,028^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 3,621 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21 / 3,621)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 2,4$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2,4 - 0,5) + 2,4^2]$$

$$k = 3,591$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [3,591 + (3,591^2 - 2,4^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,160$$

posouzení:  $\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,16 \cdot 14,54$

$$1,494 \text{ MPa} \leq 2,325 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení tlačného prutu na vzpěr a ohyb

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 12550/(60 \cdot 140) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,494 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2/(8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2460^2/(8 \cdot 2 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 196000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 2,840 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2460/40$$

$$i_y = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 60,869$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400/(60,869^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 19,712 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/19,712)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,0$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1 - 0,5) + 1^2]$$

$$k = 1,086$$

$$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[1,086 + (1,086^2 - 1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,703$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$$

$$0,317 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

## 4.3 sloup v ose D2

### 4.3.1 sloup v 1.NP

délka sloupu  $l = 2490 \text{ mm}$  (2680-úložné prahy)

výška  $h = 140 \text{ mm}$

šířka  $b = 60 \text{ mm}$

Návrhová osová síla  $N_d = 16,23 \text{ kN}$

zatížení od větru  $q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$

$$q_d = 0,736 \text{ kN/m}$$

### posouzení tlačného prutu na vzpěr

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 16230/(140 \cdot 60) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,932 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2490/17$$

$$i_z = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 17,32$$

$$\lambda_z = 143,760$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400/(143,76^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 3,534 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (21/3,534)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 2,4$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2,4 - 0,5) + 2,4^2]$$

$$k = 3,665$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [3,665 + (3,665^2 - 2,4^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,156$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,156 \cdot 14,54$$

$$1,932 \text{ MPa} \leq 2,271 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### **posouzení tlačného prutu na vzpěr a ohyb**

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 16230 / (60 \cdot 140) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,932 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2 / (8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2490^2 / (8 \cdot 2 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 196000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 2,910 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef} / i_y = 2490 / 40$$

$$i_y = (I_z / A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 61,612$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (61,612^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 19,240 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21 / 19,24)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,0$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pro rostlé dřevo})$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1 - 0,5) + 1^2]$$

$$k = 1,100$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,1 + (1,1^2 - 1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,692$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$$

$$0,367 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

#### **4.3.2 sloup v 2.NP**

$$\text{délka sloupu } l = 2660 \text{ mm} \quad (2780\text{-úložné prahy})$$

$$\text{výška } h = 140 \text{ mm}$$

$$\text{šířka } b = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Návrhová osová síla } N_d = 13,54 \text{ kN}$$

$$\text{zatížení od větru } q_d = w_e \cdot \gamma_Q \cdot Z_S = 0,785 \cdot 1,5 \cdot 0,625$$

$$q_d = 0,736 \text{ kN/m}$$

#### **posouzení tlačného prutu na vzpěr**

vybočení ve směru z

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 13540 / (140 \cdot 60) \quad - \text{normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,612 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2660/17$$

$$i_z = (I_z/A)^{0,5} = (1/12 \cdot b^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot b = 17,32$$

$$\lambda_z = 153,575$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (153,575^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 3,097 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21 / 3,097)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 2,6$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2,6 - 0,5) + 2,6^2]$$

$$k = 4,101$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [4,101 + (4,101^2 - 2,6^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,138$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,d} = \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,138 \cdot 14,54$$

$$1,612 \text{ MPa} \leq 2,000 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**posouzení tlačného prutu na vzpěr a ohyb**

vybočení ve směru y

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 13540 / (60 \cdot 140) \quad - \text{ normálové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,612 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = q_d \cdot l^2 / (8 \cdot W) = 0,7358 \cdot 2660^2 / (8 \cdot 2 \cdot 10^5)$$

- normálové napětí v ohybu

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 196000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = 3,320 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = l_{ef}/i_y = 2660/40$$

$$i_y = (I_y/A)^{0,5} = (1/12 \cdot h^2)^{0,5} = 0,2886 \cdot h = 40,41$$

$$\lambda_y = 65,818$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_y^2) = \pi^2 \cdot 7400 / (65,818^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 16,859 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (21 / 16,859)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,1$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,1 - 0,5) + 1,1^2]$$

$$k = 1,184$$

$$k_c = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,184 + (1,184^2 - 1,1^2)^{0,5}]$$

$$k_c = 0,633$$

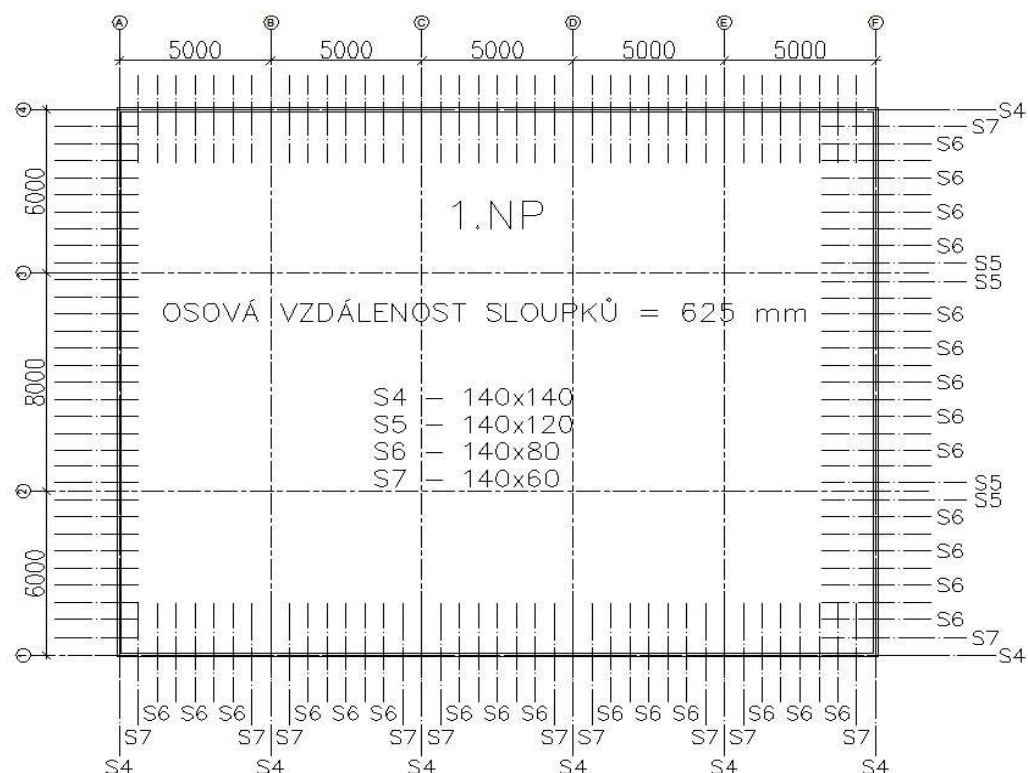
posouzení:

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$$

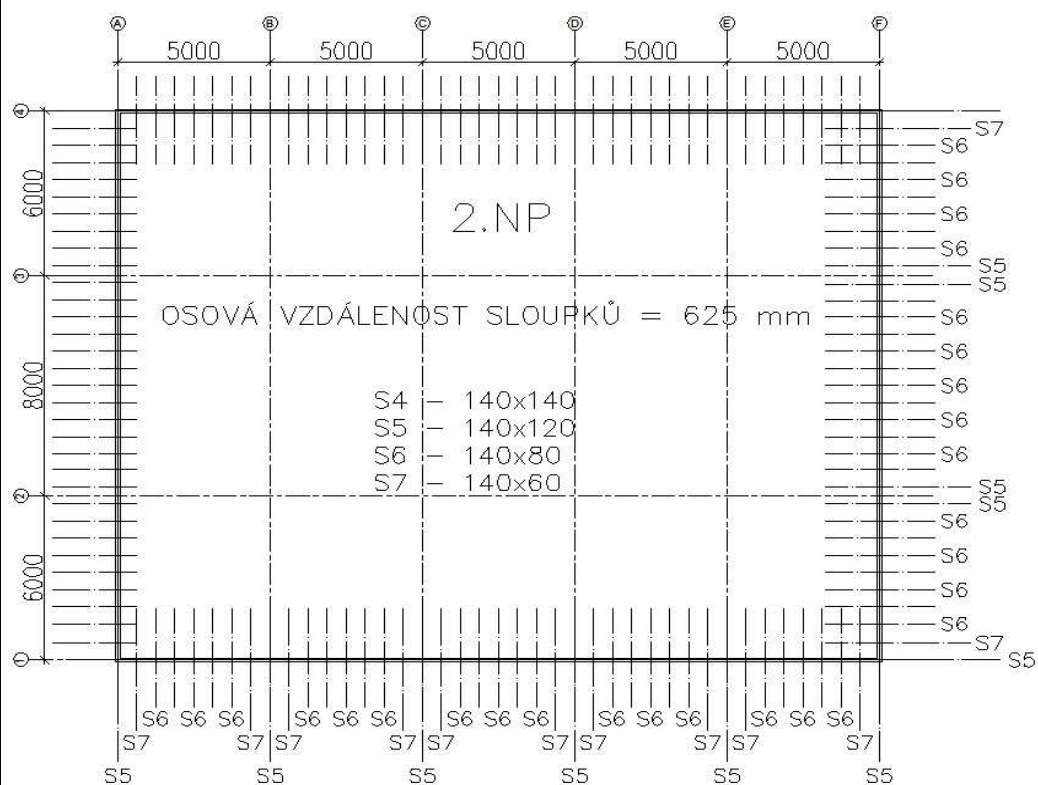
$$0,375 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

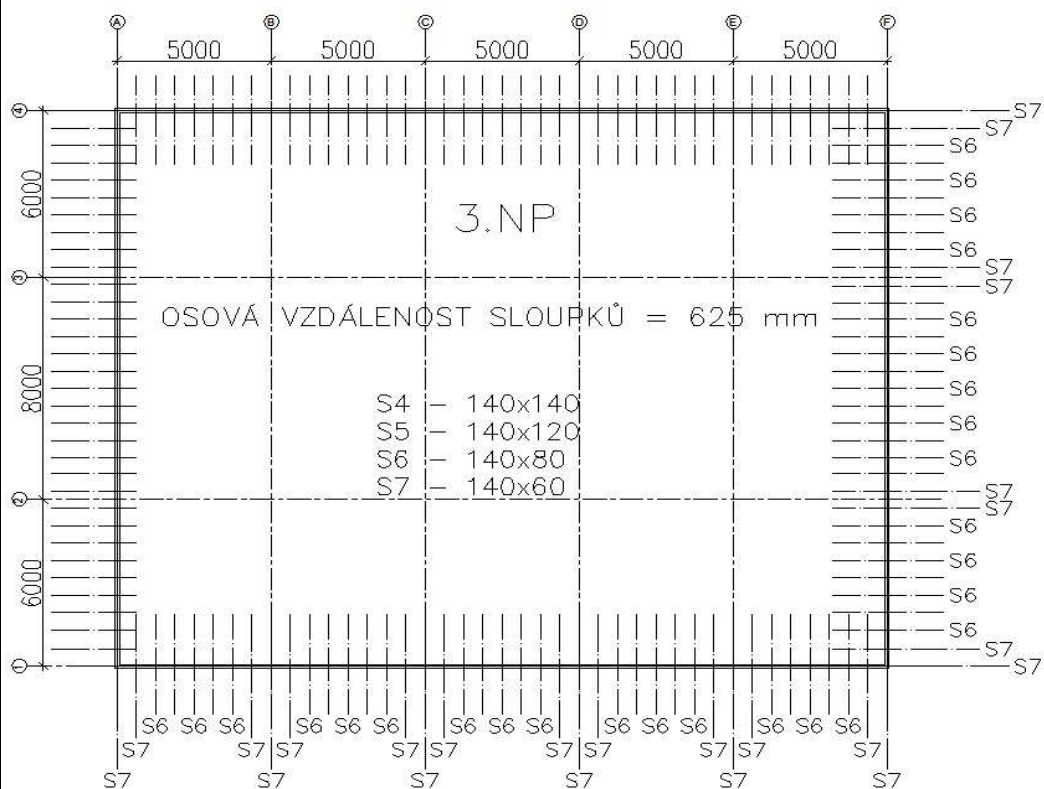
#### 4.4 Schéma rozmístění sloupků



*Rozmístění sloupků pro 1.NP*



*Rozmístění sloupků pro 2.NP*



Rozmístění sloupků pro 3.NP

#### 4.5 uložení sloupků na dolní práh

##### 4.5.1 úložný práh pod sloupy v 1.NP

výška	h =	240 mm
šířka	b =	140 mm
dotyková délka	l =	140 mm
síla působící na práh	N <sub>d</sub> =	148,38 kN

##### posouzení na tlak kolmo k vláknům (otlačení)

$$\sigma_{c,90,d} = N_d / A = 148380 / (240 \cdot 140)$$

$$\sigma_{c,90,d} = 4,416 \text{ MPa}$$

posouzení:

$k_{c,90}$  ... součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost rozštěpení a stupeň deformace v tlaku

$$k_{c,90} = (2,38 - l/250) \cdot (l_{ef}/l)^{0,5}$$

$$l_{ef} = l + 2 \cdot h/3 = 140 + 2 \cdot 240/3$$

$$l_{ef} = 300 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} = (2,38 - 140/250) \cdot (300/140)^{0,5}$$

$$k_{c,90} = 2,664$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 2,664 \cdot 1,731$$

$$4,416 \text{ MPa} \leq 4,611 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### 4.5.2 úložný práh pod sloupy v 2.NP

výška	$h =$	140 mm
šířka	$b =$	140 mm
dotyková délka nad prahem	$l =$	120 mm
dotyková délka pod prahem	$l_s =$	140 mm
síla působící na práh	$N_d =$	75,13 kN

#### posouzení na tlak kolmo k vláknům (otlačení)

$$\sigma_{c,90,d} = N_d/A = 75130/(140*140)$$

$$\sigma_{c,90,d} = 3,833 \text{ MPa}$$

posouzení:

$k_{c,90}$  ... součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost rozštěpení a stupeň deformace v tlaku

$$k_{c,90} = (2,38 - l/250) * (l_{ef}/l)^{0,5}$$

$$l_{ef} = 0,5 * (l + l_s + 2 * h/3) = 0,5 * (120 + 140 + 2 * 140/3)$$

$$l_{ef} = 176,67 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} = (2,38 - 120/250) * (176,7/120)^{0,5}$$

$$k_{c,90} = 2,305$$

$$\sigma_{c,90,d} = \leq k_{c,90} * f_{c,90,d} = 2,305 * 1,731$$

$$3,833 \text{ MPa} \leq 3,990 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### 4.5.3 úložný práh pod sloupy v 3.NP

výška	$h =$	60 mm
šířka	$b =$	140 mm
dotyková délka nad prahem	$l =$	60 mm
dotyková délka pod prahem	$l_s =$	120 mm
síla působící na práh	$N_d =$	12,55 kN

#### posouzení na tlak kolmo k vláknům (otlačení)

$$\sigma_{c,90,d} = N_d/A = 12550/(60*140)$$

$$\sigma_{c,90,d} = 1,494 \text{ MPa}$$

posouzení:

$k_{c,90}$  ... součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost rozštěpení a stupeň deformace v tlaku

$$k_{c,90} = (2,38 - l/250) * (l_{ef}/l)^{0,5}$$

$$l_{ef} = 0,5 * (l + l_s + 2 * h/3) = 0,5 * (120 + 80 + 2 * 60/3)$$

$$l_{ef} = 110 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} = (2,38 - 80/250) * (120/80)^{0,5}$$

$$k_{c,90} = 2,898$$

$$\sigma_{c,90,d} = \leq k_{c,90} * f_{c,90,d} = 2,898 * 1,731$$

$$1,494 \text{ MPa} \leq 5,015 \text{ MPa}$$

Vyhovuje



## 5. Požární odolnost - Dřevo

- výpočet je proveden pro normové požární namáhání  
(tepelné namáhání podle normové teplotní křivky)

### 5.1 Návrh kloubově uloženého sloupu na požární odolnost R60

#### 5.1.1 sloup 4.NP

délka sloupu  $l = 2410 \text{ mm}$

osová síla  $N_d = 59,541 \text{ kN}$

sloup je proti účinkům požáru chráněn sádrokartonovými deskami

$t = 15 \text{ mm}$

výška průřezu  $h = 140 \text{ mm}$

šířka průřezu  $b = 140 \text{ mm}$

$\eta$  ... podíl z mimořádné kombinace a základní kombinace

$\eta = 0,6$  - zjednodušeně (výsledky na bezpečné straně)

$N_{fi,d} = \eta \cdot N_d = 0,6 \cdot 59,541 = 35,725 \text{ kN}$

#### Metoda účinného průřezu

$k_{mod,fi}$  ... modifikační součinitel pro požár

$k_{mod,fi} = 1$

$k_{fi} = 1,15$  - pro lepené lamelové dřevo

$\gamma_{M,fi} = 1$

$\beta_0$  ... rychlost zuhelnatění

$\beta_0 = 0,7$  - pro lepené lamelové dřevo

$d_0 = 7 \text{ mm}$

$t_{pr}$  ... doba porušení ochranné desky

$t_{pr} = 30 \text{ min}$

$t_{fi,req} - t_{pr} = 60 - 30 = 30 \text{ min}$

$k_0 = 1$  - pro povrchy chráněné sádrokartonovými deskami  
- pro  $(t_{fi,req} - t_{pr}) \geq 10 \text{ min}$

$d_{ef}$  ... účinná hloubka zuhelnatění

$d_{ef} = \beta_0 \cdot (t_{fi,req} - t_{pr}) + k_0 \cdot d_0$

$d_{ef} = 0,7 \cdot 30 + 1 \cdot 7 = 28 \text{ mm}$

#### posouzení tlačенého prutu na vzpěr

štíhlostní poměry

$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 140 - 2 \cdot 28 = 84 \text{ mm}$

$\lambda = l_{ef}/i = 2410/(0,2886 \cdot 84)$

$\lambda = 99,387$

$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05}/(\lambda^2) = \pi^2 \cdot 10200/(99,387^2)$

$\sigma_{c,crit} = 10,192 \text{ MPa}$

$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5/10,192)^{0,5}$

$\lambda_{rel} = 1,613$

součinitel vrpěrnosti

$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$\beta_c = 0,1$  (pro lepené lamelové dřevo)

$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,613 - 0,5) + 1,613^2]$

$k = 1,856$

$k_c = 1/[k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1/[1,856 + (1,856^2 - 1,613^2)^{0,5}]$

$k_c = 0,360$

návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 26,5 / 1$$

$$f_{c,0,fi,d} = 30,475 \text{ MPa}$$

$$A_{fi} = b_{fi}^2 = 84^2 = 7056 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{fi,c,0,fi,d} = N_{fi,d} / A_{fi} = 35,725 * 10^3 / 7056$$

$$\sigma_{c,0,fi,d} = 5,063 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,fi,d} = 5,063 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,fi,d} = 0,36 * 30,475$$

$$5,063 \text{ MPa} \leq 10,985 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 5.1.2 sloup 1.NP

Sloup je exponován ze všech stran

$$\text{délka sloupu } l = 3380 \text{ mm}$$

$$\text{výška vnitřní části } h_1 = 300 \text{ mm}$$

$$\text{šířka vnitřní části } b_1 = 140 \text{ mm}$$

$$\text{výška příložky } h_2 = 300 \text{ mm}$$

$$\text{šířka příložky } b_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\eta = 0,6$$

$$\text{osová síla } N_d = 737,6 \text{ kN}$$

$$N_{fi,d} = \eta_{fi} * N_d = 0,6 * 737,6 = 442,55 \text{ kN}$$

$$\text{moment } M_d = 14,69 \text{ kNm}$$

$$M_{fi,d} = \eta_{fi} * M_d = 0,6 * 14,69 = 8,81 \text{ kNm}$$

### Metoda účinného průřezu

$k_{mod,fi}$  ... modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1$$

$$k_{fi} = 1,15 \text{ - pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

$\beta_0$  ... rychlost zuhelnatění

$$\beta_0 = 0,7 \text{ - pro lepené lamelové dřevo}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$t_{fi,req} = 60 \text{ min}$$

$$k_0 = 1 \text{ - pro nechráněné povrchy}$$

$$\text{- pro } t_{fi,req} \geq 20 \text{ min}$$

$d_{ef}$  ... účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_0 * t_{fi,req} + k_0 * d_0$$

$$d_{ef} = 0,7 * 60 + 1 * 7 = 49 \text{ mm}$$

návrhové pevnosti

$$f_{c,0,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 26,5 / 1$$

$$f_{c,0,fi,d} = 30,475 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{m,g,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 28 / 1$$

$$f_{m,fi,d} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$b_{fi1} = b_1 = 140 \text{ mm}$$

$$h_{fi1} = h_1 - 2 * d_{ef} = 202 \text{ mm}$$

$$b_{fi2} = b_2 - d_{ef} = 51 \text{ mm}$$

$$h_{fi2} = h_2 - 2 * d_{ef} = 202 \text{ mm}$$

### 5.1.2.1 Vybočení ve směru osy z

průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned} A_1 &= b_{fi1} \cdot h_{fi1} \\ A_1 &= 28280 \text{ mm}^2 \\ I_{y1} &= 1/12 \cdot h_{fi1}^3 \cdot b_{fi1} \\ I_{y1} &= 4,6E+07 \text{ mm}^4 \\ A_2 &= b_{fi2} \cdot h_{fi2} \\ A_2 &= 10302 \text{ mm}^2 \\ I_{y2} &= 1/12 \cdot h_{fi2}^3 \cdot b_{fi2} \\ I_{y2} &= 2232959 \text{ mm}^4 \\ A_{tot} &= A_1 + A_2 = 48884 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$E_1 = E_2 = E_{mean}$$

Návrh spojovacího prostředku:

vřut se zápustnou hlavou 6/120 mm

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot d/23$$

- pro spoje beton-dřevo se má  $K_{ser}$  stanovit pomocí  $\rho_m$  pro dřevěný

$$K_{ser} = 410^{1,5} \cdot (6/23) = 2165,7$$

$$K_u = 2/3 \cdot K_{ser} = 2/3 \cdot 2165,7 = 1443,8$$

Účinná ohybová tuhost

$$\begin{aligned} (EI)_{ef} &= E_{0,g,mean} (I_1 + 2 \cdot (I_2 + \gamma_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2)) \\ \gamma_2 &= [1 + \pi^2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot s_{ef} / (K_u \cdot I_2)]^{-1} \\ \gamma_2 &= [1 + \pi^2 \cdot 12600 \cdot 10302 \cdot 200 / (1443,8 \cdot 3380^2)]^{-1} \\ \gamma_2 &= 0,060 \\ \gamma_1 &= 1 \\ a_1 &= 0 \text{ mm} \\ a_2 &= (b_{fi2} + b_{fi1})/2 = (140 + 51)/2 = 95,5 \text{ mm} \\ (EI)_{ef} &= 12600 \cdot ((2232959 + 0,06 \cdot 10302 \cdot 95,5^2) \cdot 2 + 4,6 \cdot 10^7) \\ (EI)_{ef} &= 7,8E+11 \text{ MPamm}^4 \end{aligned}$$

### posouzení tlačného prutu na vzpěr

účinný štíhlostní poměr

$$\lambda_{ef} = l \cdot (A_{tot}/I_{ef})^{0,5} = 3380 \cdot (48884/62021938)^{0,5}$$

$$\lambda_{ef} = 94,892$$

$$I_{ef} = (EI)_{ef}/E = 7,81 \cdot 10^{11}/12600$$

$$I_{ef} = 6,2E+07 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{c,0,fi,d} = N_{fi,d}/A_{tot} = 442550/48884$$

$$\sigma_{c,0,fi,d} = 9,053 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda_{ef}^2) = \pi^2 \cdot 10200 / (94,892^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 11,180 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5/11,18)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 1,540$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 * [1 + 0,1 * (1,54 - 0,5) + 1,54^2]$$

$$k = 1,737$$

$$k_{c,y} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [1,737 + (1,737^2 - 1,54^2)^{0,5}]$$

$$k_{c,y} = 0,393$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{c,0,fi,d} = \leq k_{c,y} * f_{c,0,fi,d} = 0,393 * 30,475$$

$$9,053 \text{ MPa} \leq 11,990 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

#### 4.1.2.2 Vybočení ve směru osy y

průřezové charakteristiky:

$$A_1 = b_{fi1} * h_{fi1}$$

$$A_1 = 28280 \text{ mm}^2$$

$$I_{z1} = 1/12 * b_{fi1}^3 * h_{fi1}$$

$$I_{z1} = 9,6E+07 \text{ mm}^4$$

$$A_2 = b_{fi2} * h_{fi2}$$

$$A_2 = 10302 \text{ mm}^2$$

$$I_{z2} = 1/12 * b_{fi2}^3 * h_{fi2}$$

$$I_{z2} = 3,5E+07 \text{ mm}^4$$

$$A_{tot} = A_1 + 2 * A_2 = 48884 \text{ mm}^2$$

$$W = (I_{z1} + 2 * I_{z2}) / z$$

$$W_{fi} = 1645761 \text{ mm}^3$$

#### posouzení prutu na ohyb a osový tlak

$$\sigma_{c,0,fi,d} = N_{fi,d} / A_{tot} = 442550 / 48884$$

$$\sigma_{c,0,fi,d} = 9,053 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,fi,d} = M_{fi,d} / W_{fi} = 8,81 * 10^6 / 1645761$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 5,354 \text{ MPa}$$

štíhlostní poměry:

$$\lambda_z = l / ((I_{z1} + 2 * I_{z2}) / A_{tot}) = 3380 / ((9,6 * 10^7 + 2 * 3,5 * 10^7) / 48884)$$

$$\lambda_z = 57,964$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05} / (\lambda_z^2) = \pi^2 * 10200 / (57,964^2)$$

$$\sigma_{c,crit} = 29,963 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5} = (26,5 / 29,963)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = 0,940$$

součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2]$$

$\beta_c$  ... součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$$\beta_c = 0,1 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$k = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,94 - 0,5) + 0,94^2]$$

$$k = 0,964$$

$$k_{c,z} = 1 / [k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 1 / [0,964 + (0,964^2 - 0,94^2)^{0,5}]$$

$$k_{c,z} = 0,850$$

posouzení:

$$\sigma_{c,0,fi,d} / (k_{c,z} * f_{c,0,fi,d}) + \sigma_{m,fi,d} / f_{m,g,fi,d} \leq 1$$

$$0,516 \text{ MPa} \leq 1$$

Vyhovuje

## 5.2 Návrh prostě podepřného nosníku na požární odolnost R60

### 5.2.1 stropnice 2. a 1.NP

Zatěžovací šířka	a =	625 mm
délka	l =	4460 mm
šířka	b =	140 mm
výška	h =	240 mm

Ohybový moment

$$M_d = (q_d + g_d) \cdot l^2 / 8$$

$$M_d = 10,53 \text{ kNm}$$

$$M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,6 \cdot 10,54 = 6,321 \text{ kNm}$$

### Metoda účinného průřezu

$$k_{mod,fi} = 1$$

$$k_{fi} = 1,15$$

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

$$\beta_0 = 0,7$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$t_{fi,req} = 60 \text{ min}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_{ef} = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$$

$$d_{ef} = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

návrhové pevnosti

$$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 24 / 1$$

$$f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 42 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 191 \text{ mm}$$

$$W_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 6 = 255367 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,fi,d} = M_{d,fi} / W_{fi} = 6,321 \cdot 10^6 / 255367$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 24,752 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{m,fi,d} \leq f_{m,g,fi,d}$$

$$24,75 \text{ MPa} \leq 27,6 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 5.2.2 stropnice 3.NP

Zatěžovací šířka	a =	625 mm
délka	l =	4500 mm
šířka	b =	120 mm
výška	h =	240 mm

Ohybový moment

$$M_d = (q_d + g_d) \cdot l^2 / 8$$

$$M_d = 8,75 \text{ kNm}$$

$$M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,6 \cdot 8,75 = 5,248 \text{ kNm}$$

### Metoda účinného průřezu

$$k_{mod,fi} = 1$$

$$k_{fi} = 1,15$$

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

$$\beta_0 = 0,7$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$t_{fi,req} = 60 \text{ min}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_{ef} = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$$

$$d_{ef} = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

návrhové pevnosti

$$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 24 / 1$$

$$f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 22 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 191 \text{ mm}$$

$$W_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 6 = 133764 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,fi,d} = M_{d,fi} / W_{fi} = 5,248 \cdot 10^6 / 133763,7$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 39,230 \text{ MPa}$$

posouzení:  $\sigma_{m,fi,d} \leq f_{m,g,fi,d}$   
 $39,23 \text{ MPa} \leq 49 \text{ MPa}$   
 Vyhovuje

### 5.2.3 průvlak 3.NP

délka  $l = 8000 \text{ mm}$   
šířka  $b = 360 \text{ mm}$   
výška  $h = 500 \text{ mm}$

Ohybový moment  $M_d = 230,36 \text{ kNm}$   
 $M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,6 \cdot 230,36 = 138,22 \text{ kNm}$   
Posouvací síla  $V_d = 116,25 \text{ kN}$   
 $V_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,6 \cdot 116,3 = 69,75 \text{ kN}$

#### Metoda účinného průřezu

$k_{mod,fi} = 1$   
 $k_{fi} = 1,15$   
 $\gamma_{M,fi} = 1$   
 $\beta_0 = 0,7$   
 $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $t_{fi,req} = 60 \text{ min}$   
 $k_0 = 1$   
 $d_{ef} = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$   
 $d_{ef} = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$

#### návrhové pevnosti

$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 28 / 1$   
 $f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$   
 $f_{v,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,0,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 3,2 / 1$   
 $f_{v,fi,d} = 3,68 \text{ MPa}$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 262 \text{ mm}$   
 $h_{fi} = h - d_{ef} = 451 \text{ mm}$   
 $W_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 6 = 8881844 \text{ mm}^3$

#### posouzení nosníku na ohyb

$\sigma_{m,fi,d} = M_{d,fi} / W_{fi} = 138,22 \cdot 10^6 / 8881844$   
 $\sigma_{m,fi,d} = 15,562 \text{ MPa}$

posouzení:  $\sigma_{m,fi,d} \leq f_{m,g,fi,d}$   
 $15,56 \text{ MPa} \leq 27,6 \text{ MPa}$   
Vyhovuje

#### posouzení nosníku na smyk v podpoře

$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot V_{fi,d} / (2 \cdot b_{fi} \cdot h_{fi})$   
 $\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot 69,75 \cdot 10^3 / (2 \cdot 262 \cdot 451)$   
 $\tau_{v,fi,d} = 0,885 \text{ MPa}$   
posouzení:  $\tau_{v,fi,d} \leq f_{v,g,fi,d}$   
 $0,885 \text{ MPa} \leq 3,68 \text{ MPa}$   
Vyhovuje

#### 5.2.4 průvlak 2. a 1.NP

délka  $l = 8000 \text{ mm}$   
šířka  $b = 400 \text{ mm}$   
výška  $h = 500 \text{ mm}$

Ohybový moment  $M_d = 281,28 \text{ kNm}$   
 $M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,6 \cdot 281,28 = 168,768 \text{ kNm}$   
Posouvací síla  $V_d = 141,96 \text{ kN}$   
 $V_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,6 \cdot 141,96 = 85,176 \text{ kN}$

#### Metoda účinného průřezu

$k_{mod,fi} = 1$   
 $k_{fi} = 1,15$   
 $\gamma_{M,fi} = 1$   
 $\beta_0 = 0,7$   
 $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $t_{fi,req} = 60 \text{ min}$   
 $k_0 = 1$   
 $d_{ef} = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$   
 $d_{ef} = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$

návrhové pevnosti

$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 28 / 1$   
 $f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 302 \text{ mm}$   
 $h_{fi} = h - d_{ef} = 451 \text{ mm}$   
 $W_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 6 = 1E+07 \text{ mm}^3$

#### posouzení nosníku na ohyb

$\sigma_{m,fi,d} = M_{d,fi} / W_{fi} = 168,8 \cdot 10^6 / 10237850$   
 $\sigma_{m,d} = 16,485 \text{ MPa}$

posouzení:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$   
 $16,48 \text{ MPa} \leq 49 \text{ MPa}$   
Vyhovuje

#### posouzení nosníku na smyk v podpoře

$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot V_{fi,d} / (2 \cdot b_{fi} \cdot h_{fi})$   
 $\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot 85,18 \cdot 10^3 / (2 \cdot 302 \cdot 451)$   
 $\tau_{v,fi,d} = 0,938 \text{ MPa}$   
posouzení:  $\tau_{v,fi,d} \leq f_{v,g,fi,d}$   
 $0,938 \text{ MPa} \leq 3,68 \text{ MPa}$   
Vyhovuje



### 5.2.5 vazník

Navržený vazník:

šířka	b=	140 mm
výška	h <sub>ap</sub> =	220 mm
poloměr vnitřního okraje nosníku	r <sub>in</sub> =	14865 mm
tloušťka lamely	t =	30 mm
sklon	α =	40 °

Výsledné maximální hodnoty vnitřních sil z obálky kombinací zatížení

normálová síla	N =	10,95 kN
posouvací síla	V =	16,19 kN
moment v krajním poli	M <sub>1</sub> =	13,91 kNm
moment v podpoře	M <sub>2</sub> =	15,01 kNm
moment ve vrcholu	M <sub>3</sub> =	8,28 kNm

Ohybový moment	M <sub>d</sub> =	8,28 kNm
M <sub>fi,d</sub> = η <sub>fi</sub> *M <sub>d</sub> = 0,6*8,28 =		4,968 kNm
Posouvací síla	V <sub>d</sub> =	16,19 kN
V <sub>fi,d</sub> = η <sub>fi</sub> *V <sub>d</sub> = 0,6*16,19 =		9,714 kN
Normálová síla	N <sub>d</sub> =	10,95 kN
N <sub>fi,d</sub> = η <sub>fi</sub> *N <sub>d</sub> = 0,6*10,95=		6,57 kN

### Metoda účinného průřezu

k <sub>mod,fi</sub> =	1
k <sub>fi</sub> =	1,15
γ <sub>M,fi</sub> =	1
β <sub>0</sub> =	0,7
d <sub>0</sub> =	7 mm
t <sub>fi,req</sub> =	60 min
k <sub>0</sub> =	1

$$d_{ef} = \beta_0 * t_{fi,req} + k_0 * d_0$$

$$d_{ef} = 0,7 * 60 + 1 * 7 = 49 \text{ mm}$$

návrhové pevnosti

$$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{m,g,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 28 / 1$$

$$f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{t,90,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 0,45 / 1$$

$$f_{t,90,fi,d} = 0,46 \text{ MPa}$$

$$f_{v,fi,d} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_{v,g,k} / \gamma_{M,fi} = 1 * 1,15 * 3,2 / 1$$

$$f_{v,fi,d} = 3,68 \text{ MPa}$$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$$b_{fi} = b - 2 * d_{ef} = 42 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 171 \text{ mm}$$

$$W_{fi} = b_{fi} * h_{fi}^2 / 6 = 204687 \text{ mm}^3$$

poloměr vnitřního okraje nosníku

$$r_{in,fi} = 14890 \text{ mm}$$

### posouzení nosníku na ohyb

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$\sigma_{m,fi,d} = k_l \cdot 6M_{fi,d}/(b_{fi} \cdot h_{fi}^2)$$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot (h_{fi}/r) + k_3 \cdot (h_{fi}/r)^2 + k_4 \cdot (h_{fi}/r)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 \cdot (171/14975) + 0,6 \cdot (171/14975)^2 + 0 \cdot (171/14975)^3$$

$$k_l = 1,004$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \tan \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,0$$

$$r = r_{in,fi} + 0,5 \cdot h_{fi} = 14975$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 1,004 \cdot 6 \cdot 8,28 \cdot 10^6 / (42 \cdot 171^2)$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 24,37 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{m,fi,d} \leq k_r \cdot f_{m,g,fi,d}$$

pro zakřivené a vyklenuté nosníky se  $k_r$  uvažuje jako:

$$\text{pro } r_{in}/t \geq 240 \quad r_{in}/t = 496,317$$

$$k_r = 1$$

$$24,37 \text{ MPa} \leq 27,6 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$\sigma_{t,90,ap,fi,d} = k_p \cdot 6 \cdot M_{fi,d}/(b_{fi} \cdot h_{fi}^2)$$

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot (h_{fi}/r) + k_7 \cdot (h_{fi}/r)^2$$

$$k_p = 0 + 0,25 \cdot (171/14975) + 0 \cdot (171/14975)^2$$

$$k_p = 0,003$$

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha_{ap} - 2,6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha_{ap} - 4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} = 0$$

$$\sigma_{t,90,ap,fi,d} = 0,003 \cdot 6 \cdot 8,28 \cdot 10^6 / (42 \cdot 171^2)$$

$$\sigma_{t,90,ap,fi,d} = 0,069 \text{ MPa}$$

$$\text{posouzení: } \sigma_{t,90,ap,fi,d} \leq k_{dis} \cdot ((V_0/V)^{0,2}) \cdot f_{t,90,fi,d}$$

$k_{dis}$  ... součinitel zohledňující účinek rozdělení napětí ve vrcholové části  
pro vyklenuté nosníky:

$$k_{dis} = 1,7$$

$V_0$  ... srovnávací objem

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$V$  ... objem vrcholové části

$$V = \beta \cdot \pi \cdot b_{fi} / 180 \cdot (h_{fi}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{fi})$$

$$V = 40 \cdot \pi \cdot 42 / 180 \cdot (171^2 + 2 \cdot 14890 \cdot 171)$$

$$V = 0,150 \text{ m}^3$$

$$0,069 \text{ MPa} \leq 1,7 \cdot ((0,01/0,15)^{0,2}) \cdot 0,46$$

$$0,069 \text{ MPa} \leq 0,455 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### posouzení nosníku na smyk za ohybu v podpoře

$$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot V_{fi,d} / (2 \cdot b_{ef} \cdot h_{fi}) \leq f_{v,g,fi,d}$$

$b_{ef}$  ... účinná šířka průřezu

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b_{fi} = 0,67 \cdot 42 = 28,14 \text{ mm}$$

$k_{cr}$  ... součinitel trhlin pro únosnost ve smyku

$$k_{cr} = 0,67 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot 16,19 \cdot 10^3 / (2 \cdot 28,14 \cdot 171)$$

$$\tau_{v,fi,d} = 3,028 \text{ MPa} \leq 3,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### 5.2.6 trám podpírající vazník

Navržený trám:

šířka  $b = 200 \text{ mm}$   
výška  $h = 340 \text{ mm}$   
délka  $l = 5000 \text{ mm}$

Ohybový moment  $M_d = 48,96 \text{ kNm}$   
 $M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,6 \cdot 52,2 = 29,376$   
Posouvací síla  $V_d = 29,64 \text{ kN}$   
 $V_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,6 \cdot 31,55 = 17,784 \text{ kN}$

### Metoda účinného průřezu

$k_{mod,fi} = 1$   
 $k_{fi} = 1,15$   
 $\gamma_{M,fi} = 1$   
 $\beta_0 = 0,7$   
 $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $t_{fi,req} = 60 \text{ min}$   
 $k_0 = 1$

$d_{ef} = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$   
 $d_{ef} = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$

návrhové pevnosti

$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,g,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 28 / 1$   
 $f_{m,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$   
 $f_{v,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,0,k} / \gamma_{M,fi} = 1 \cdot 1,15 \cdot 3,2 / 1$   
 $f_{v,fi,d} = 3,68 \text{ MPa}$

průřezový modul (nosník je vystaven požáru ze tří stran)

$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 102 \text{ mm}$   
 $h_{fi} = h - d_{ef} = 291 \text{ mm}$   
 $W_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 6 = 1439577 \text{ mm}^3$

**posouzení nosníku na ohyb**

$$\sigma_{m,fi,d} = M_{fi,d}/W_{fi} = 29,38 \cdot 10^6 / 1439577$$

$$\sigma_{m,fi,d} = 20,406 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{crit} = 0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b_{fi}^2 / (h_{fi} \cdot l_{ef}) = 0,78 \cdot 10200 \cdot 102^2 / (291 \cdot 5582)$$

$$l_{ef} = l + 2 \cdot h = 5000 + 2 \cdot 291 = 5582 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,crit} = 50,958 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5} = (28 / 50,9581)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,741 \quad - \quad k_{crit} = 1$$

$$\text{posouzení:} \quad \sigma_{m,fi,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,g,fi,d} = 1 \cdot 20,16$$

$$20,406 \text{ MPa} \leq 27,6 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**posouzení nosníku na smyk v podpoře**

$$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot V_{fi,d} / (2 \cdot b_{fi} \cdot h_{fi})$$

$$\tau_{v,fi,d} = 3 \cdot 17,78 \cdot 10^3 / (2 \cdot 102 \cdot 291)$$

$$\tau_{v,fi,d} = 0,89873$$

$$\text{posouzení:} \quad \tau_{v,fi,d} \leq f_{v,g,fi,d}$$

$$0,899 \text{ MPa} \leq 3,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 6. Spoje - Dřevo

### 6.1 střešní vazník - trám

- sání od větru
- hřebíkový spoj
- úhelník L profilu

konstrukční dřevo - třída pevnosti GL 28 h

	$\rho_{g,k} =$	410 kg/m <sup>3</sup>	
tl. plechu	$t_1 =$	6 mm	> d/2 ... tlustý plech
délka hřebíku/vrutu	$t_2 =$	60 mm	
třída provozu 1	$k_{mod} =$	0,9	
	$\gamma_m =$	1,25	
působící síla	$F_d =$	9,79 kN	

#### únosnost hřebíků pro jeden střih

hřebíky  $d =$  4 mm hřebík třídy 6.8

pevnost v tahu spojovacího prostředku

$$f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$$

$f_{h,k}$  ... charakteristická pevnost v otláčení

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_{g,k} \cdot d^{(-0,3)}$$

$$f_{h,k} = 22,1809 \text{ N/mm}^2$$

$M_{y,Rk}$  ... charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 6616,5 \text{ N/mm}$$

$$F_{v,Rk} = 2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d)^{0,5} = 2,3 \cdot (6616,5 \cdot 22,181 \cdot 4)^{0,5} = 1762,2 \text{ N}$$

$$f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 22,181 \cdot (100-2) \cdot 4$$

$$= 4791,1 \text{ N}$$

$$f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot [(2+4 \cdot M_{y,Rk} / (f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2))^{0,5-1}] =$$

$$= 22,181 \cdot 6 \cdot 4 \cdot [(2+4 \cdot 6616,5 / (22,181 \cdot 4 \cdot 6^2))^{0,5-1}] = 2155,7 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 1762,227 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = 1,269 \text{ kN}$$

požadovaný počet hřebíků:

$$n_1 = F_d / F_{v,Rd} = 7,72$$

$$n = 8$$

$$n \cdot F_{v,Rd} = 10,150 \text{ kN} \geq F_d = 9,79 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### osově zatížené vruty

- hřebíky hladké

vruty  $d =$  6 mm vrut třídy 6.8

počet  $n =$  4

$f_{ax,k}$  ... char. Pevnost na vytažení kolmo k vláknům

$$f_{ax,k} = 3,6 \cdot 10^{(-3)} \cdot \rho_{g,k}^{1,5}$$

$$f_{ax,k} = 29,8867$$

$f_{ax,\alpha,k}$  ... charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem  $\alpha$  k vláknům

$$f_{ax,\alpha,k} = f_{ax,k} / ((\sin \alpha)^2 + 1,5 \cdot (\cos \alpha)^2)$$

$$f_{ax,\alpha,k} = 19,9245$$

$l_{ef}$  ... délka vniku hrotu závitové části zmenšená o jeden průměr vrutu

$$l_{ef} = (t_2 - t_1 - d)$$

$$l_{ef} = 48 \text{ mm}$$

$n_{ef}$  ... účinný počet vrutů

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

$$n_{ef} = 3,482$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$  ... charakteristická únosnost na vytažení spojů s osově zatíženými vruty

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot (\pi \cdot d \cdot l_{ef})^{0,8} \cdot f_{ax,\alpha,k}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = 16087 \text{ kN}$$

$$F_{ax,\alpha,Rd} = k_{mod} \cdot F_{ax,\alpha,Rk} / \gamma_m = 11,583 \text{ kN}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = 11,583 \text{ kN} \geq F_d = 9,79 \text{ kN}$$

Vyhovuje

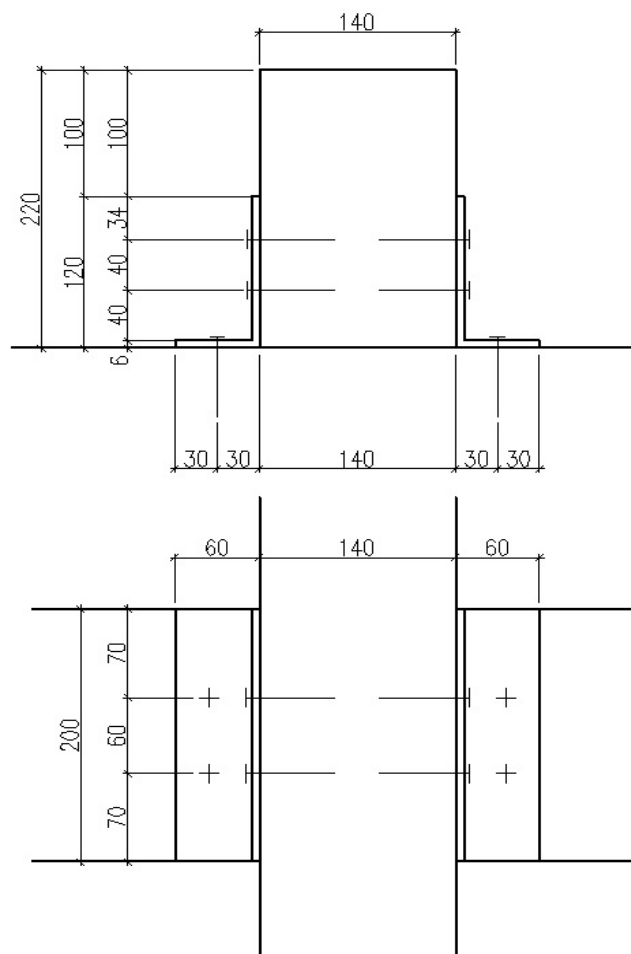


Schéma spoje (trám-vazník)

## 6.2 stropnice - průvlak

- hřebíkový spoj
- Třmen tesařský pro kotvení trámů na tupo

hřebíky	d =	4 mm	hřebík třídy 6.8
pevnost v tahu spojovacího prostředku	$f_{u,k} =$	600 N/mm <sup>2</sup>	
konstrukční dřevo - třída pevnosti GL 28 h			- průvlak
	$\rho_{g,k} =$	410 kg/m <sup>3</sup>	
tl. plechu	$t_1 =$	2 mm	= d/2 ... tenký plech
délka hřebíku	$t_2 =$	100 mm	
třída provozu 1	$k_{mod} =$	0,8	
	$\gamma_m =$	1,25	
působící síla	$F_d =$	9,45 kN	

$f_{h,k}$  ... charakteristická pevnost v otláčení

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_{g,k} \cdot d^{(-0,3)}$$

$$f_{h,k} = 22,1809 \text{ N/mm}^2$$

$M_{y,Rk}$  ... charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 6616,5 \text{ N/mm}$$

$$F_{v,Rk} = 1,15 \cdot (M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d)^{0,5} = 1,15 \cdot (6616,5 \cdot 22,181 \cdot 4)^{0,5}$$

$$= 881,11 \text{ N}$$

$$0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 22,181 \cdot (100-2) \cdot 4$$

$$= 3478 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 881,1137 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = 0,564 \text{ kN}$$

požadovaný počet hřebíků:

$$n_1 = F_d / F_{v,Rd} = 16,755$$

$$n = 18 = 2 \cdot 9 \text{ na každé straně}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} = 10,1504 \text{ kN} \geq F_d = 9,45 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### 6.3 průvlak - sloup

- svorníkový spoj

svorníky  $d = 16 \text{ mm}$  svorník třídy 8.8

pevnost v tahu spojovacího prostředku

$$f_{u,k} = 800 \text{ N/mm}^2$$

konstrukční dřevo - třída pevnosti GL 28 h

$$\rho_{g,k} = 410 \text{ kg/m}^3$$

$$t_1 = 200 \text{ mm}$$

$$t_2 = 140 \text{ mm}$$

třída provozu 1  $k_{mod} = 0,9$

$$\gamma_m = 1,25$$

působící síla  $F_d = 141,96 \text{ kN}$

#### Ověření únosnosti

návrhové hodnoty vlastností materiálu:

$a_1$  ... vodorovná vzdálenost svorníků

$$a_1 = 4 \cdot d = 64$$

$f_{h,0,k}$  ... charakteristická pevnost v otláčení stěny otvoru

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{g,k}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 410$$

$$f_{h,0,k} = 28,2408 \text{ N/mm}^2 = f_{h,2,k}$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} / (k_{90} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2)$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d$$

$$k_{90} = 1,54$$

$$f_{h,1,k} = 28,241 / (1,54 \cdot (\sin 90)^2 + (\cos 90)^2)$$

$$f_{h,1,k} = 18,3382 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k} = 1,54$$

$M_{y,k}$  ... moment kluzu spojovacích prostředků

$$M_{y,k} = 0,8 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 / 6$$

$$M_{y,k} = 436907 \text{ Nmm}$$

návrhová hodnota únosnosti na stříhovou spáru:

$$R_{d,1} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 18,338 \cdot 200 \cdot 16$$

$$= 58682 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta = 0,5 \cdot 28,241 \cdot 140 \cdot 16 \cdot 1,54$$

$$= 48710 \text{ N}$$

$$1,05 \cdot [f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d / (2 + \beta)] \cdot [(2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + 4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta)) \cdot$$

$$\cdot M_{y,Rk} / (f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2)]^{0,5 - \beta}$$

$$= 1,05 \cdot [18,338 \cdot 200 \cdot 16 / (2 + 1,54)] \cdot [(2 \cdot 1,54 \cdot (1 + 1,54) + 4 \cdot 1,54 \cdot$$

$$\cdot (2 + 1,54) \cdot 436907 / (18,338 \cdot 16 \cdot 200^2)]^{0,5 - 1,54}$$

$$= 24342 \text{ N}$$

$$1,15 \cdot (2 \cdot \beta / (1 + \beta))^{0,5} \cdot (2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d)^{0,5}$$

$$= 1,15 \cdot (2 \cdot 1,54 / (1 + 1,54))^{0,5} \cdot (2 \cdot 436907 \cdot 18,338 \cdot 16)^{0,5}$$

$$= 20277 \text{ N}$$

$$\min R_k = 20277 \text{ N}$$

$$\min R_d = k_{mod} \cdot R_k / \gamma_m = 14599,4 \text{ N}$$



únosnost spoje

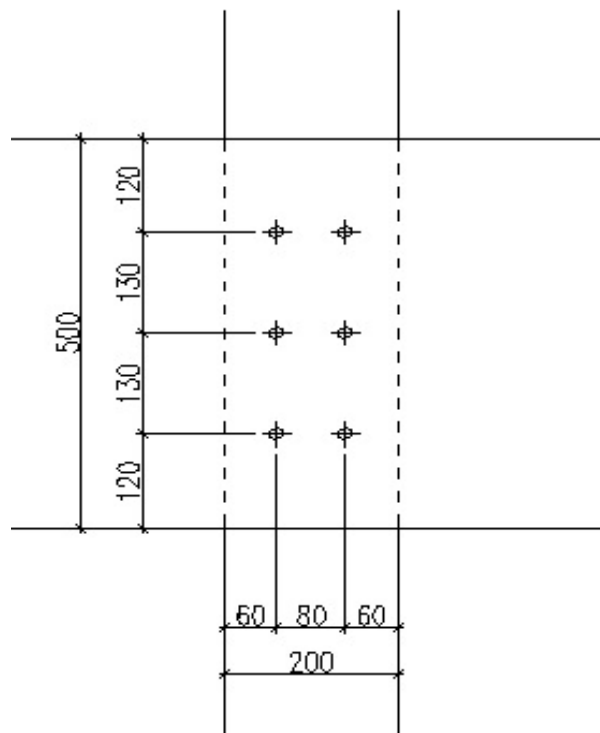
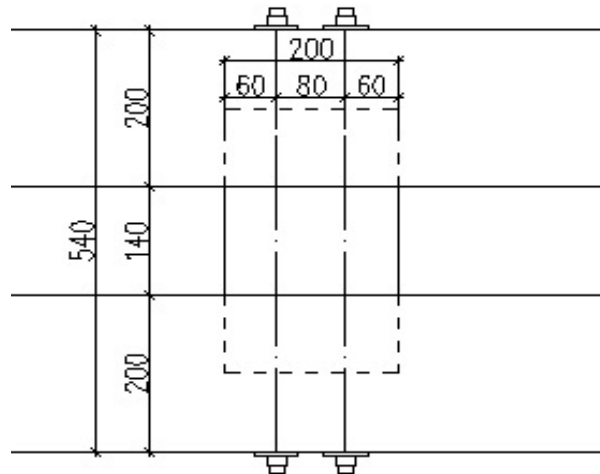
$$R_d = 2 \cdot \min R_d = 29199 \text{ N}$$

počet spojovacích prostředků

$$n = 6$$

$$n \cdot R_d = 175,193 \text{ kN} \geq F_d = 141,96 \text{ kN}$$

Vyhovuje



*Schéma spoje (průvlak-sloup)*

## 7. Ztužující stěny

### 7.1 v podélném směru (1.NP)

#### návrh spoje pláště a sloupku stěny na vytažení

- hřebíkový spoj
- plášť - OSB deska

konstrukční dřevo - třída pevnosti C24

	$\rho_{g,k} =$	350 kg/m <sup>3</sup>
tl. OSB desky	$t_1 =$	18 mm
	$\rho_{d,k} =$	600 kg/m <sup>3</sup>
průměr hřebíku	$d =$	3,1 mm
průměr hlavičky	$d_h =$	7 mm
délka hřebíku/vrutu	$t_2 =$	50 mm
třída provozu 1	$k_{mod} =$	0,9
	$\gamma_m =$	1,3

působící síla (sání od větru)

$$F_d = 0,785 \cdot 0,625 \cdot 1,5$$

$$F_d = 735,94 \text{ N/m}$$

charakteristické hodnoty na vytažení a protažení

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{g,k}^2$$

$$f_{ax,k} = 2,45 \text{ N/mm}^3$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{d,k}^2$$

$$f_{head,k} = 25,2 \text{ N/mm}^3$$

charakteristická únosnost hřebíku na vytažení

$$F_{ax,Rk} = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} = 2,45 \cdot 3,1 \cdot (80-18) \\ = 243,04 \text{ N}$$

$$f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 = 2,45 \cdot 3,1 \cdot 18 + 25,2 \cdot 7^2 \\ = 1371,51 \text{ N}$$

$t_{pen}$  ... délka vniku hrotu

$$\min F_{ax,Rk} = 243,04 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot F_{ax,Rk} / \gamma_m = 168,258 \text{ N}$$

rozteč hřebíků:

$$1000 \cdot F_{ax,Rd} / F_d = 1000 \cdot 168,26 / 735,94 = 228,63$$

$$\text{rozteč} = 200 \text{ mm}$$

### posouzení výztužné stěny

vodorovná návrhová síla:

$$F_d = (w_{e,E} + w_{e,D}) \cdot b \cdot h = ((0,493 + 0,267) \cdot 21/2 \cdot (1,7 + 1,691)) \cdot 1,5/2$$

$$F_d = 40,5784 \text{ kN}$$

průměr hřebíku  $d = 3,1 \text{ mm}$

pevnost v tahu spojovacího prostředku

$$f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$$

$M_{y,Rk}$  ... charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^2/6$$

$$M_{y,Rk} = 3410,46 \text{ Nmm}$$

charakteristická pevnost v otláčení OSB desky a dřeva

$$\text{OSB deska } f_{h,1,k} = 65 \cdot d^{(-0,7)} \cdot t^{0,1}$$

$$f_{h,1,k} = 39,3086 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{dřevo } f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_{g,k} \cdot d^{(-0,3)}$$

$$f_{h,2,k} = 20,4396 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 0,51998$$

charakteristická únosnost ve stříhu pro jeden hřebík

$$t_1 = 18 \text{ mm}$$

$$t_2 = 32 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 39,31 \cdot 18 \cdot 3,1 = 2193,42 \text{ N}$$

$$f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 20,44 \cdot 32 \cdot 3,1 = 2027,61 \text{ N}$$

$$f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d / (1 + \beta) \cdot [(\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot [1 + t_2/t_1 + (t_2/t_1)^2] + \beta^3 \cdot (t_2/t_1)^2)^{0,5} - \beta \cdot (1 + t_2/t_1)] + F_{ax,Rk}/4$$

$$39,31 \cdot 18 \cdot 3,1 / (1 + 0,52) \cdot [(0,52 + 2 \cdot 0,52^2 \cdot [1 + 32/18 + (32/18)^2] + 0,52^3 \cdot (32/18)^2)^{0,5} - 0,52 \cdot (1 + 32/18)] + 243,04/4$$

$$= 925,169 \text{ N}$$

$$1,05 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d / (2 + \beta) \cdot [(2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + 4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk} / (f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2))^{0,5} - \beta] + F_{ax,Rk}/4$$

$$1,05 \cdot 39,31 \cdot 18 \cdot 3,1 / (2 + 0,52) \cdot [(2 \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,52) + 4 \cdot 0,52 \cdot (2 + 0,52) \cdot 3410 / (39,31 \cdot 3,1 \cdot 18^2))^{0,5} - 0,52] + 243,04/4$$

$$= 888,799 \text{ N}$$

$$1,05 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d / (1 + 2\beta) \cdot [(2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + 4 \cdot \beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk} / (f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2))^{0,5} - \beta] + F_{ax,Rk}/4$$

$$1,05 \cdot 39,31 \cdot 32 \cdot 3,1 / (1 + 2 \cdot 0,52) \cdot [(2 \cdot 0,52^2 \cdot (1 + 0,52) + 4 \cdot 0,52 \cdot (1 + 2 \cdot 0,52) \cdot 3410 / (39,31 \cdot 3,1 \cdot 32^2))^{0,5} - 0,52] + 243,04/4$$

$$= 2004,54 \text{ N}$$

$$1,15 \cdot (2 \cdot \beta / (1 + \beta))^{0,5} \cdot (2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d)^{0,5} + F_{ax,Rk}/4$$

$$1,15 \cdot (2 \cdot 0,52 / (1 + 0,52))^{0,5} \cdot (2 \cdot 3410 \cdot 39,31 \cdot 3,1)^{0,5} + 243,04/4$$

$$= 927,987 \text{ N}$$

$$\min F_{v,Rk} = 888,79915 \text{ N}$$

charakteristická výztužná únosnost jednoho stěnového panelu

$$F_{i,v,Rk} = \min F_{v,Rk} \cdot b_i \cdot c_i / s$$

$b_i$  ... šířka panelu stěny

$s$  ... rozteč spojovacích prostředků

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$b_0 = h/2 = 3380/2 = 1690 \text{ mm} > b_i$$

$$c_i = b_i/b_0$$

pro pole 625mm:

$$\begin{aligned} b_i &= 625 \text{ mm} \\ c_i &= 0,370 \\ F_{1,v,Rk} &= 2054,36 \text{ N} \\ \text{počet polí } n_1 &= 9 \end{aligned}$$

pro pole 1250mm:

$$\begin{aligned} b_i &= 1250 \text{ mm} \\ c_i &= 0,740 \\ F_{2,v,Rk} &= 8217,45 \text{ N} \\ \text{počet polí } n_2 &= 4 \end{aligned}$$

$$F_{v,Rk} = n_1 \cdot F_{1,v,Rk} + n_2 \cdot F_{2,v,Rk}$$

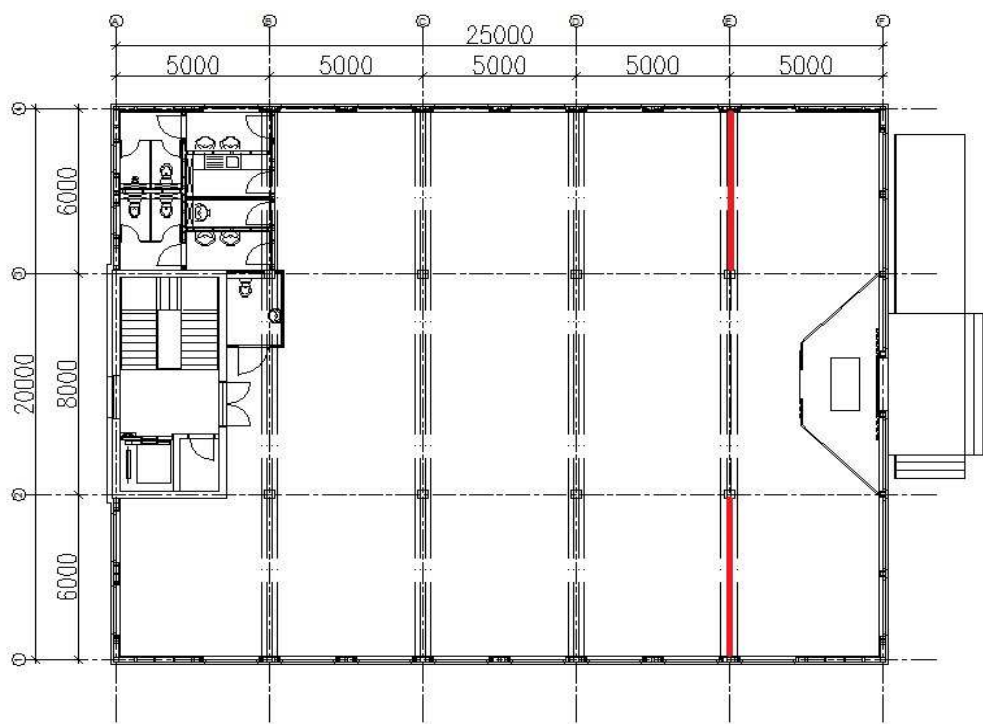
$$F_{v,Rk} = 51,359 \text{ kN} \geq F_d = 40,58 \text{ kN}$$

Vyhovuje

## 7.2 v příčném směru

- v 1.NP jsou umístěna ocelová ztužidla

Schéma:



Umístění ztužidel v půdoryse



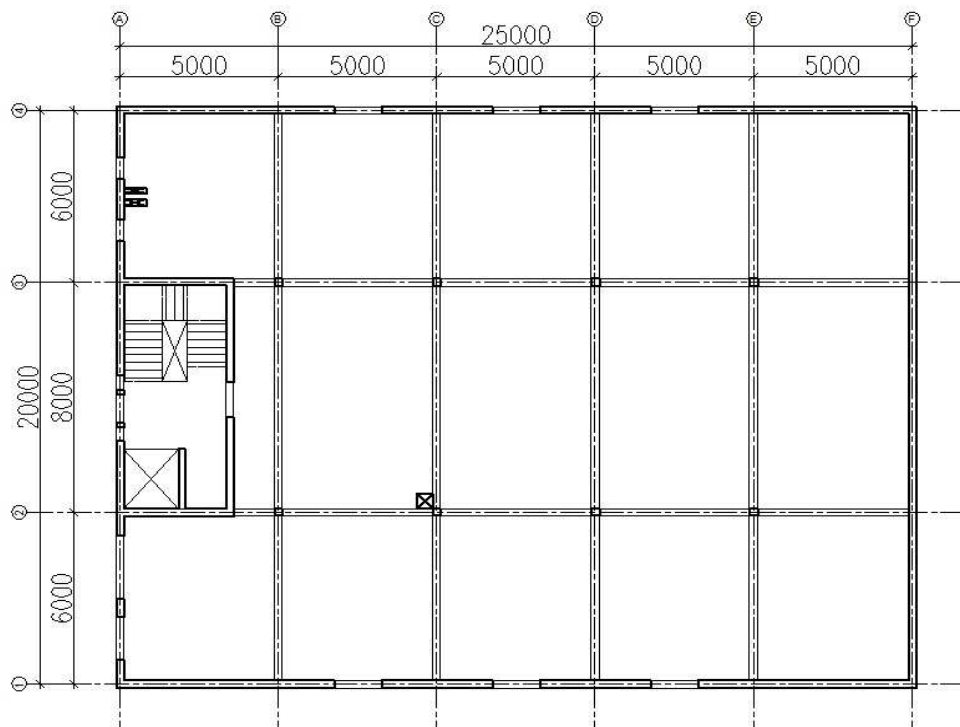
Schéma ztužidel v pohledu

- ve zbylých patrech jako ztužení slouží dřevěné stěny a ztužující jádro

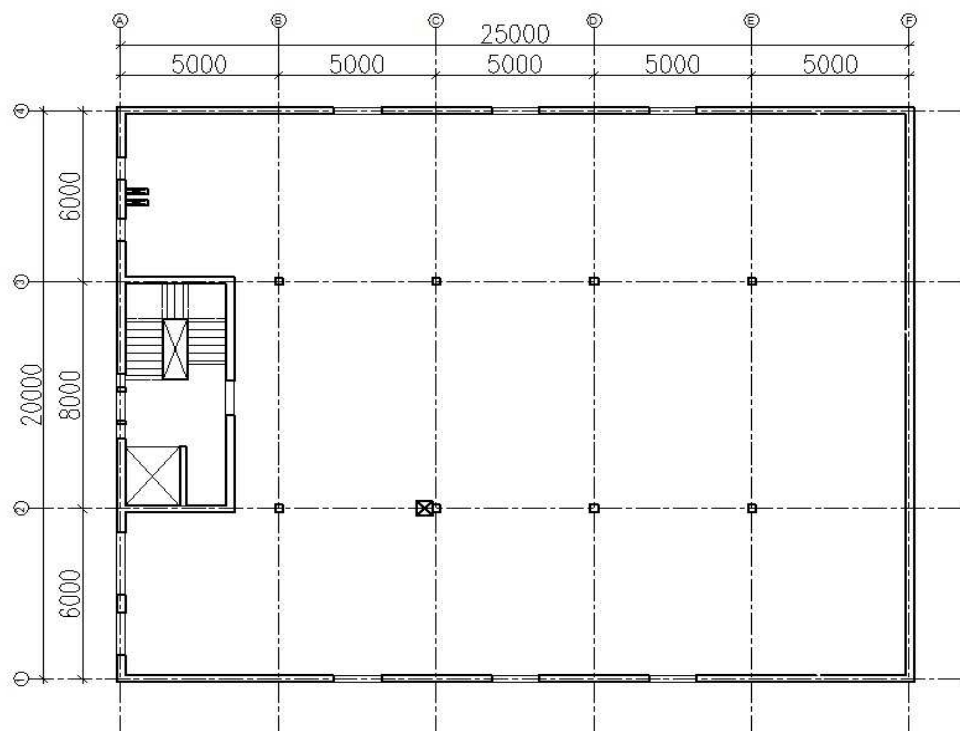
## 8. Betonové konstrukce

- suterén dřevostavby je tvořen z monolitického betonu
- v tomto podzemním podlaží se nacházejí garáže

Varianty provedení nosné konstrukce:



*Schéma stropní desky podepřené průvlaky*



*Schéma lokálně podepřené stropní desky*

*Srovnání stropní desky s průvlaky vs. lokálně podepřené desky*

- *stropní desky s průvlaky jsou náročnější na provádění, vyžadují složitější bednění a armování, tudíž i více pracovníků*
- *lokálně podepřená deska umožňuje vyšší průjezdnou výšku, což je v případě garáží vhodné*

*na základě výpočtů:*

- *světlá výška se v případě lokálního podepření zvýší o 270 mm*

*V konstrukci je na základě těchto výhod zvolena varianta s deskou lokálně podepřenou.*

## 8.1 stropní deska (+sloupy)

### 8.1.1 křížem pnutá - průvlaky

Zatížení na strop

	gk	γf	gd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
stálé	5,71	1,35	7,703

	qk	γf	qd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
proměnné	2,5	1,5	3,750

- v podlaží nad betonovou stropní deskou se nenacházejí příčky

L<sub>1</sub> = 8000 mm

L<sub>2</sub> = 5000 mm

Návrh rozměrů desky pomocí podmínky vymežující ohybové štíhlosti

$$\lambda = l/d \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$d \geq l / (\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab})$$

d ... výška staticky účinné části průřezu

κ<sub>c1</sub> ... součinitel tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

κ<sub>c2</sub> ... součinitel rozpětí

$$\kappa_{c2} = 1$$

κ<sub>c3</sub> ... součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = 1,25$$

λ<sub>d,tab</sub> ... tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti

$$\lambda_{d,tab} = 27,8$$

$$d \geq 5000 / (1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 27,8)$$

$$d \geq 143,9 \text{ mm}$$

$$d = 156 \text{ mm}$$

$$h_d = d + \varnothing / 2 + C_{nom}$$

$$h_d = 156 + 8 / 2 + 20$$

$$h_d = 180 \text{ mm}$$

### Sloup

zatížení

od dřevěné konstrukce N<sub>Ed,1</sub> = 737,59 kN

od průvlaků N<sub>Ed,2</sub> = 200,95 kN

osa D

N<sub>Ed,3</sub> = 119,36 kN

osa 3

vlastní tíha sloupu N<sub>Ed,4</sub> = 7,8064 kN

Celkem N<sub>Ed</sub> = 1065,7 kN

délka sloupu l = 2570 mm

výška průřezu h = 300 mm

šířka průřezu b = 300 mm

předběžný návrh rozměrů sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \geq N_{Ed}$$

N<sub>Rd</sub> ... únosnost sloupu v prostém tlaku

A<sub>c</sub> ... průřezová plocha sloupu

A<sub>s</sub> ... průřezová plocha výztuže sloupu

$$A_s = \rho_s \cdot A_c$$

ρ<sub>s</sub> ... stupeň vyztužení

$$\rho_s = 0,02$$

$\sigma_s$  ... napětí ve výztuži

$$\sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

$$A_c \geq N_{Ed} / (0,8 \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot \sigma_s) = 1064,3 \cdot 10^3 / (0,8 \cdot 16,67 + 0,02 \cdot 400)$$

$$A_c \geq 49955,04 \text{ mm}^2$$

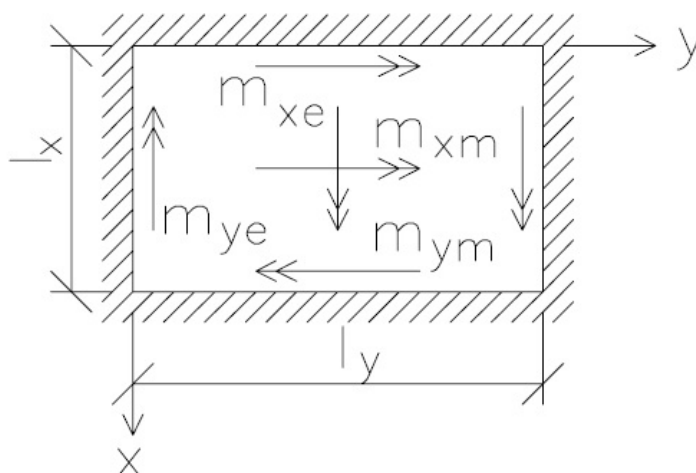
$$A_c = b \cdot h = 90000 \text{ mm}^2 \geq 49955 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Teorie plasticity

celkové plošné zatížení desky

$$f_d = 11,453 \text{ kN/m}^2$$



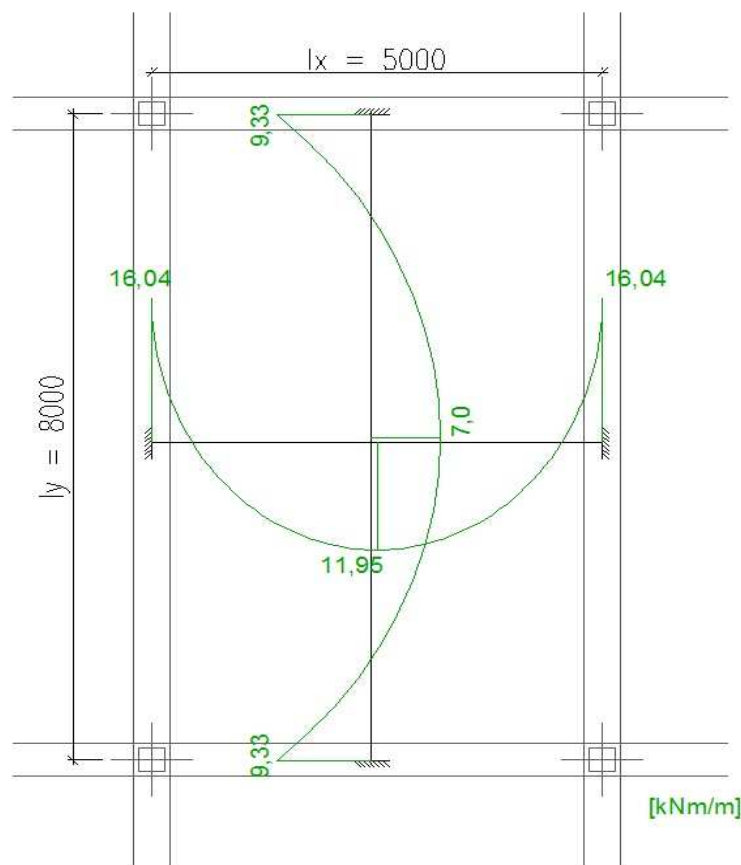
$$m_0 = f_d \cdot l_x^2 = 11,363 \cdot 5^2 = 286,33 \text{ kNm/m}$$

$$m_{xe} = \beta_{xe} \cdot m_0 = -0,055 \cdot 291,6 = -15,75 \text{ kNm/m}$$

$$m_{xm} = \beta_{xm} \cdot m_0 = 0,041 \cdot 291,6 = 11,74 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ye} = \beta_{ye} \cdot m_0 = -0,032 \cdot 291,6 = -9,1626 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ym} = \beta_{ym} \cdot m_0 = 0,024 \cdot 291,6 = 6,87 \text{ kNm/m}$$



Vykreslení momentů na desce (osy C-D; 2-3)



### Vyztužení desky

(pro momenty teorie plasticity)

*krytí:*

nominální krycí vrstva výztuže

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$c_{min}$  ... minimální krycí vrstva

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$\Delta c_{dev}$  ... přídavek na návrhovou odchylku

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$c_{min,b}$  ... minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti

$$c_{min,b} = \varnothing \text{ výztuže} = 10 \text{ mm}$$

$c_{min,dur}$  ... minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

$\Delta c_{dur,y}$  ... přídatná bezpečnostní složka

$$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$$

$\Delta c_{dur,st}$  ... redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$\Delta c_{dur,add}$  ... redukce minimální krycí vrstvy při použití přídatné ochrany

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(10; 10+0-0-0; 10) = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

*Materiály:*

beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 25/1,5$$

$$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15$$

$$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$$

*stupeň vyztužení*

$$a_{s,req} = m_{Ed}/(\zeta \cdot d \cdot f_{yd})$$

$a_{s,req}$  ... potřebná plocha výztuže v desce

$$\mu = m_{Ed}/(b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$$

$$\mu = 16,04 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 156^2 \cdot 16,7)$$

$$\mu = 0,0388 \quad \rightarrow \quad \zeta = 0,980$$

$$a_{s,req} = 16,04 \cdot 10^6 / (0,980 \cdot 156 \cdot 435)$$

$$a_{s,req} = 236,923 \text{ mm}^2$$

$a_{s,1}$  ... plocha jednoho profilu výztuže

$$a_{s,1} = \pi \cdot (\varnothing/2)^2 = \pi \cdot (10/2)^2$$

$$a_{s,1} = 78,53982 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,prov} = 279 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Návrh:  $\varnothing 8$  á 180 mm**

### *konstrukční zásady*

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d)$$

$$a_{s,min} = \max(0,26 \cdot 2,6 / 500 \cdot 1000 \cdot 156; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 156)$$

$$a_{s,min} = 210,912 \text{ mm}^2$$

$$279 \text{ mm}^2/\text{m} \geq 210,91 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot 1000 \cdot 180$$

$$a_{s,max} = 7200 \text{ mm}^2$$

$$279 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 7200 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

rozteč:

$$s \leq \min(2h; 250 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 180; 250)$$

$$180 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### *posouzení navržené výztuže desky*

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

x ... výška tlačené oblasti

$$x = a_{s,prov} \cdot f_{yd} / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$$

$$x = 279 \cdot 435 / (0,8 \cdot 1000 \cdot 16,67)$$

$$x = 9,098 \text{ mm}$$

z ... velikost ramene vnitřních sil

$$z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z = 156 - 0,4 \cdot 9,098$$

$$z = 152,3609 \text{ mm}$$

m<sub>Rd</sub> ... moment unosnosti průřezu

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$m_{Rd} = 279 \cdot 435 \cdot 152,36$$

$$m_{Rd} = 18,482 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$18,48 \text{ kNm} \geq 15,748 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

rotační kapacita:

$$\xi \leq \xi_{max} = 0,25$$

ξ ... poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = x / d = 9,098 / 156$$

$$\xi = 0,058319$$

$$0,06 \leq 0,25$$

Vyhovuje

### 8.1.2 lokálně podepřená

Zatížení na strop

	gk	γf	gd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
stálé	7,46	1,35	10,066

	qk	γf	qd
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
proměnné	2,5	1,5	3,750

L<sub>1</sub> = 8000 mm

L<sub>2</sub> = 5000 mm

Návrh rozměrů desky pomocí podmínky vymežující ohybové štíhlosti

$$\lambda = l/d \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$d \geq l / (\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab})$$

d ... výška staticky účinné části průřezu

κ<sub>c1</sub> ... součinitel tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

κ<sub>c2</sub> ... součinitel rozpětí

$$\kappa_{c2} = 1$$

κ<sub>c3</sub> ... součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = 1,25$$

λ<sub>d,tab</sub> ... tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti

$$\lambda_{d,tab} = 22,2$$

$$d \geq 5000 / (1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 22,2)$$

$$d \geq 180,2 \text{ mm}$$

$$d_x = h_d - c - \varnothing / 2 = 250 - 20 - 14 / 2 = 223$$

$$d_y = h_d - c - \varnothing / 2 - \varnothing = 250 - 20 - 14 / 2 - 14 = 209$$

$$d = (d_x + d_y) / 2 = (223 + 209) / 2$$

$$d = 216 \text{ mm}$$

$$h_d = 250 \text{ mm}$$

#### sloup

zatížení

$$\text{od dřevěné konstrukce} \quad N_{Ed,1} = 737,59 \text{ kN}$$

$$\text{zatížení na desku} \quad = (g_d + q_d) \cdot 5 \cdot 7$$

$$N_{Ed,2} = 188,24 \text{ kN}$$

$$\text{od desky} \quad = 5 \cdot 7 \cdot 1,35 \cdot 0,25 \cdot 25 = N_{Ed,3} = 295,31 \text{ kN}$$

$$\text{vlastní tíha sloupu} \quad N_{Ed,4} = 6,0117 \text{ kN}$$

$$\text{Celkem} \quad N_{Ed} = 1227,2 \text{ kN}$$

$$\text{délka sloupu} \quad l = 2850 \text{ mm}$$

$$\text{výška průřezu} \quad h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{šířka průřezu} \quad b = 250 \text{ mm}$$

předběžný návrh rozměrů sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \geq N_{Ed}$$

$$A_s = \rho_s \cdot A_c$$

$$\rho_s = 0,02$$

$$\sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

$$A_c \geq N_{Ed} / (0,8 \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot \sigma_s) = 1233,06 \cdot 10^3 / (0,8 \cdot 16,67 + 0,02 \cdot 400)$$

$$A_c \geq 57522,83 \text{ mm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 62500 \text{ mm}^2 \geq 57523 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

#### **předběžné ověření protlačení**

obvody:  $u_0 = 4 \cdot a = 4 \cdot 250$

$$u_0 = 1000 \text{ mm}$$

$$u_1 = 4 \cdot a + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d = 4 \cdot 250 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 216$$

$$u_1 = 3714,3 \text{ mm}$$

únosnost tlačené diagonály

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_0 \cdot d) \leq v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$V_{Ed}$  ... návrhová hodnota smykové síly

$V_{Ed}$  = (zatížení na desku + vlastní tíha desky) \* zatěžovací šířka sloupu

$$V_{Ed} = ((10,276 + 3,75) + 1,35 \cdot 0,25 \cdot 25) \cdot 5 \cdot (4 + 3)$$

$$V_{Ed} = 483,55 \text{ kN}$$

$v$  ... součinitel zmenšující pevnost betonu v tlaku, který vyjadřuje vliv  
přídavných namáhání

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v = 0,54$$

$\beta$  ... součinitel polohy sloupu

$$\beta = 1,15 \text{ (pro vnitřní sloup)}$$

$$v_{Ed,0} = 1,15 \cdot 490900 / (1000 \cdot 216)$$

$$v_{Ed,0} = 2,574 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 16,67$$

$$v_{Rd,max} = 3,6 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} = 2,574 \text{ MPa} \leq v_{Rd,max} = 3,60 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

zajištění požadovaného kotvení výztuže na protlačení

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_1 \cdot d) \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c} = k_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$k_{max}$  ... součinitel maximální únosnosti

$$k_{max} = 1,48$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{0,5}$$

$$k = 1,962$$

$\rho_l$  ... stupeň vyztužení průřezu ohybovou výztuží

$$\rho_l = 0,005$$

$$v_{Ed,1} = 1,15 \cdot 490900 / (3714 \cdot 216)$$

$$v_{Ed,1} = 0,693 \text{ MPa}$$

$$k_{max} \cdot v_{Rd,c} = k_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{Rd,c} = 0,809 \text{ MPa}$$

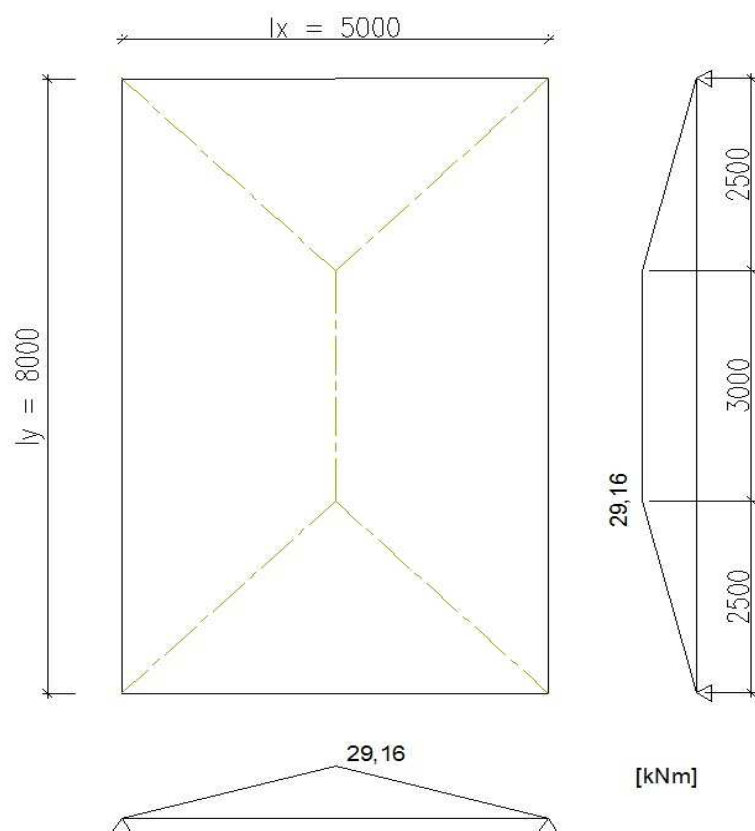
$$v_{Ed,1} = 0,693 \text{ MPa} \leq v_{Rd,max} = 0,809 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 8.2 průvlak

(o délce 8000 mm)

zatížení na průvlak



*Schéma zatížení na průvlaky*

- Hodnota liniového zatížení průvlaku od desky v daném bodě odpovídá zatížení desky násobenému zatěžovací šířkou v daném bodě

zatížení na průvlak

$$0,5 \cdot (g_d + q_d) \cdot l_x \cdot 2 = 0,5 \cdot (7,576 + 3,75) \cdot 5 \cdot 2 = 57,27 \text{ kN/m}$$

předběžný návrh rozměrů průvlaku:

$$h_T = (1/12 \text{ až } 1/10) \cdot l_T$$

$$h_T = 530 \text{ mm} \quad (h_d + h_p = 180 + 350)$$

$$b_T = (1/3 \text{ až } 2/3) \cdot h_T$$

$$b_T = 300 \text{ mm}$$

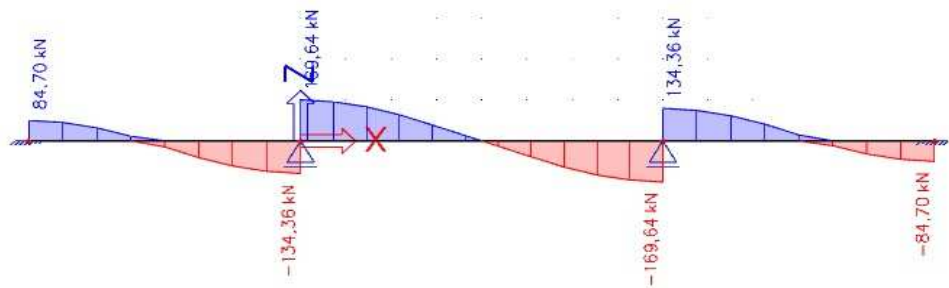
vlastní tíha průvlaku

$$g_{t,p} = (h_T - h_d) \cdot b_T \cdot 25 = 2,625 \text{ kN/m}$$

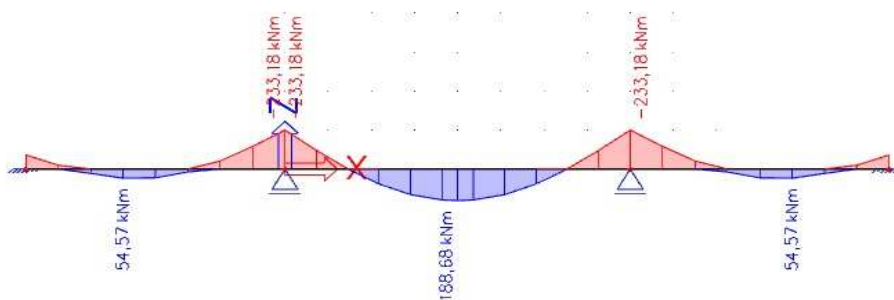
délka průvlaku

$$l = 8000 \text{ mm}$$

vnitřní síly:



Posouvající síly



Moment

$$M_{Ed} = 233,18 \text{ kNm} \quad \text{nad podporou}$$

$$M_{Ed} = 188,68 \text{ kNm} \quad \text{v poli}$$

$$V_{Ed} = 169,64 \text{ kN}$$

$$d_T = h_T - \varnothing_t - \varnothing/2 - C_{nom} = 530 - 6 - 20/2 - 20$$

$$d_T = 494 \text{ mm}$$

### 8.2.1 ohybová výztuž

$b_{eff}$  ... spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_T \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_o \leq b_i$$

$l_o$  ... vzdálenost nulových momentů na průvlaku

$$l_o = 0,7 \cdot l_T = 0,7 \cdot 8000$$

$$l_o = 5600 \text{ mm}$$

$$b = 5000 \text{ mm} \quad (\text{vzdálenost průvlaků})$$

$$b_i = (b - b_T)/2 = (5000 - 300)/2 = 2350 \text{ mm}$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot 2350 + 0,1 \cdot 5600$$

$$b_{eff,i} = 1030 \text{ mm} \leq 2350 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1030 \cdot 2 + 300 = 2360 \text{ mm} \leq 5000 \text{ mm}$$

v poli  $b = b_{eff}$

v podpoře  $b = b_T$

### 8.2.1.1 nad podporou

$$\mu = M_{Ed} / (b \cdot d_T^2 \cdot f_{cd})$$

$$\mu = 233,18 \cdot 10^6 / (300 \cdot 494^2 \cdot 16,67)$$

$$\mu = 0,1911 \quad - \quad \zeta = 0,893$$

$$A_{s,req} = M_{Ed} / (\zeta \cdot d_T \cdot f_{yd})$$

$$A_{s,req} = 233,18 \cdot 10^6 / (0,893 \cdot 494 \cdot 435)$$

$$A_{s,req} = 1215,74 \text{ mm}^2$$

$A_{s,1}$  ... plocha jednoho profilu výztuže

$$A_{s,1} = \pi \cdot (\varnothing/2)^2 = \pi \cdot (20/2)^2$$

$$A_{s,1} = 314,159 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 1257 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Návrh: 4 x  $\varnothing$  20**

posouzení:

$$x = A_{s,prov} \cdot f_{yd} / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$$

$$x = 1257 \cdot 435 / (0,8 \cdot 300 \cdot 16,67)$$

$$x = 136,63 \text{ mm}$$

$$z = d_T - 0,4 \cdot x = 494 - 0,4 \cdot 136,6$$

$$z = 439,348 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 1257 \cdot 435 \cdot 439,3 = 240,11 \text{ kNm}$$

$$240,113 \text{ kNm} \geq 233,2 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

*konstrukční zásady*

$$\xi = x/d_T \leq \min[\xi_{bal,1} = 700/(700+f_{yd}); 0,45]$$

$$\xi = 136,6/484 = 0,277$$

$$\xi_{bal,1} = 0,61686$$

$$0,277 \leq 0,45$$

Vyhovuje

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d)$$

$$a_{s,min} = \max(0,26 \cdot 2,6/500 \cdot 300 \cdot 494; 0,0013 \cdot 300 \cdot 494)$$

$$a_{s,min} = 200,366 \text{ mm}^2$$

$$1257 \text{ mm}^2/\text{m} \geq 200,37 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot 300 \cdot 530$$

$$a_{s,max} = 6360 \text{ mm}^2$$

$$1257 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 6360 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

rozteč:

$s_a$  ... osová vzdálenost profilů

$$s_a \leq \min(2h; 250 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 530; 250)$$

$$65 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$s_c$  ... světlostá vzdálenost profilů

$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max(20; 1,2 \cdot 20; 22+5)$$

$$45 \text{ mm} \geq 27 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### ověření návrhu průřezu

#### ověření stupně vyztužení

$$\rho_{s,rqd} = A_{s,rqd}/A_c = 1216/(300 \cdot 530)$$

$$\rho_{s,rqd} = 0,006 \leq \rho_{s,max} = 0,04$$

Vyhovuje

#### ověření tlakové diagonály

$$V_{Rd, max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_T \cdot \zeta \cdot d_T \cdot \cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,540$$

$$V_{Rd, max} = 0,54 \cdot 16,67 \cdot 300 \cdot 0,893 \cdot 494 \cdot 2,5 / (1 + 2,5 \cdot 2,5)$$

$$V_{Rd, max} = 410,718 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 169,64 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### ověření průhybů

$$\lambda = l_T/d_T \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$\lambda$  ... ohybová výztuž posuzovaného prvku

$$\lambda = 8000/494 = 16,194$$

$\lambda_d$  ... vymezuující ohybová štíhlost

$$\lambda_d = 25,151$$

$\kappa_{c1}$  ... součinitel tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

$\kappa_{c2}$  ... součinitel rozpětí

$$\kappa_{c2} = 7/l = 0,875$$

$\kappa_{c3}$  ... součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c2} = 500/f_{yk} \cdot A_{s,prov}/A_{s,req} = 1,0339$$

$\lambda_{d,tab}$  ... tabulková hodnota vymezuující ohybové štíhlosti

$$\lambda_{d,tab} = 27,8$$

$$\lambda = 16,1943 \leq \lambda_d = 25,151$$

Vyhovuje



### 8.2.1.2 v poli

$$\mu = M_{Ed} / (b \cdot d_T^2 \cdot f_{cd})$$

$$\mu = 188,68 \cdot 10^6 / (2360 \cdot 494^2 \cdot 16,67)$$

$$\mu = 0,0197 \quad - \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s,req} = M_{Ed} / (\zeta \cdot d_T \cdot f_{yd})$$

$$A_{s,req} = 188,68 \cdot 10^6 / (0,990 \cdot 494 \cdot 435)$$

$$A_{s,req} = 887,343 \text{ mm}^2$$

$A_{s,1}$  ... plocha jednoho profilu výztuže

$$A_{s,1} = \pi \cdot (\varnothing/2)^2 = \pi \cdot (20/2)^2$$

$$A_{s,1} = 314,159 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 942 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Návrh: 3 x  $\varnothing 20$**

posouzení:

$$x = A_{s,prov} \cdot f_{yd} / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$$

$$x = 942 \cdot 435 / (0,8 \cdot 2360 \cdot 16,67)$$

$$x = 13,0158 \text{ mm}$$

$$z = d_T - 0,4 \cdot x = 494 - 0,4 \cdot 13,02$$

$$z = 488,794 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 942 \cdot 435 \cdot 488,8 = 200,19 \text{ kNm}$$

$$200,193 \text{ kNm} \geq 188,7 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

*konstrukční zásady*

$$\xi = x/d_T \leq \min [\xi_{bal,1} = 700/(700+f_{yd}); 0,45]$$

$$\xi = 13,02/494 = 0,026$$

$$\xi_{bal,1} = 0,61686$$

$$0,026 \leq 0,45$$

Vyhovuje

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max (0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d)$$

$$a_{s,min} = \max (0,26 \cdot 2,6/500 \cdot 300 \cdot 494; 0,0013 \cdot 300 \cdot 494)$$

$$a_{s,min} = 200,366 \text{ mm}^2$$

$$942 \text{ mm}^2/\text{m} \geq 200,37 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot 2360 \cdot 520$$

$$a_{s,max} = 50032 \text{ mm}^2$$

$$942 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 50032 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

rozteč:

$s_a$  ... osová vzdálenost profilů

$$s_a \leq \min (2h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 530; 250)$$

$$130 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$s_c$  ... světlná vzdálenost profilů

$$s_c \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20; 1,2 \cdot 20; 22+5)$$

$$230 \text{ mm} \geq 27 \text{ mm}$$

Vyhovuje

### 8.2.2 smyková výztuž

u podpor - návrhové třmínky  
střed nosníku - konstrukční třmínky  
- uvažují dvoustřížné třmínky  
 $n = 2$

#### 8.2.2.1 návrhové třmínky

$\phi_t = 6 \text{ mm}$   
- síla pro návrh třmínků - ve vzdálenosti  $d_T$  za lícem podpory

$$V_{Ed,1} = 161,12 \text{ kN}$$

$A_{sw}$  ... plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = n \cdot \pi \cdot \phi_t^2 / 4 = 2 \cdot \pi \cdot 6^2 / 4$$

$$A_{sw} = 56,5487 \text{ mm}^2$$

potřebná rozteč třmínků

$$s_1 \leq A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta / V_{Ed,1} = 56,55 \cdot 435 \cdot 439,3 \cdot 2,5 / (161,1 \cdot 10^3)$$

$$160 \text{ mm} \leq 167,61 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$s_1 \leq \min(0,75 \cdot d_T; 400 \text{ mm}) = \min(0,75 \cdot 494; 400)$$

$$160 \text{ mm} \leq 370,5 \text{ mm}$$

Vyhovuje

**Návrh: třmínek dvoustřížný  $\phi_t 6$  á 160 mm**

posouzení

$$V_{Rd,1} = A_{sw} \cdot f_{yd} / s_1 \cdot z \cdot \cot \theta = 56,55 \cdot 435 / 160 \cdot 439,3 \cdot 2,5$$

$$V_{Rd,1} = 168,781 \text{ kN} \geq V_{Ed,1} = 161,12 \text{ kN}$$

Vyhovuje

kontrola stupně vyztužení

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (b \cdot s_1) = 56,55 / (300 \cdot 160) = 0,001$$

$$\rho_{sw,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} / f_{ywd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,67 / 435 = 0,010$$

$$\rho_{sw} = 0,001 \leq \rho_{sw,max} = 0,010$$

Vyhovuje

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{0,5} / f_{yk} = 0,08 \cdot 25^{0,5} / 500 = 0,001$$

$$\rho_{sw} = 0,001 \geq \rho_{sw,min} = 0,001$$

Vyhovuje

- návrhové třmínky budou zasahovat minimálně do vzdálenosti  $\Delta l = z \cdot \cot \theta$  za líc podpory

$$\Delta l = z \cdot \cot \theta = 439,3 \cdot 2,5 = 1098,4 \text{ mm}$$

#### 8.2.2.2 konstrukční třmínky

$$s_{max} \leq \min(0,75 \cdot d_T; 400 \text{ mm}) = \min(0,75 \cdot 494; 400)$$

$$300 \text{ mm} \leq 370,5 \text{ mm}$$

Vyhovuje

**Návrh: třmínek dvoustřížný  $\phi_t 6$  á 300 mm**

### 8.3 schodiště

konstrukční výška podlaží  $h_k = 3400 \text{ mm}$   
tloušťka stropní desky  $h_d = 250 \text{ mm}$

šířka pole  $b_p = 3210 \text{ mm}$   
šířka ramene  $b_r = 1200 \text{ mm}$   
šířka zrcadla  $b_z = 810 \text{ mm}$

$2 \cdot h + b = 630 \text{ mm}$

$h \dots$  výška stupně  $h = 178,95 \text{ mm}$   
 $b \dots$  hloubka stupně  $b = 270 \text{ mm}$   
 $\alpha \dots$  sklon schodiště  $\alpha = 33,54^\circ$

počet stupňů  $n = 18,99972 = 8 \times 3 \times 8$   
délka ramene  $L = 2160 \text{ mm}$   
šířka podesty  $b_{po} = 1200 \text{ mm}$

podchodná výška

$h_{po} = 3060 \text{ mm}$   
 $h_{po} \geq 1500 + 750/\cos\alpha$   
 $h_{po} \geq 2100 \text{ mm}$   
 $3060 \text{ mm} \geq 2399,773 \text{ mm}$   
 $3060 \text{ mm} \geq 2100 \text{ mm}$

průchodná výška

$h_{pr} = 2552 \text{ mm}$   
 $h_{pr} \geq 750 + 1500 \cdot \cos\alpha$   
 $h_{pr} \geq 1900 \text{ mm}$   
 $2552 \text{ mm} \geq 2000,315 \text{ mm}$   
 $2552 \text{ mm} \geq 1900 \text{ mm}$

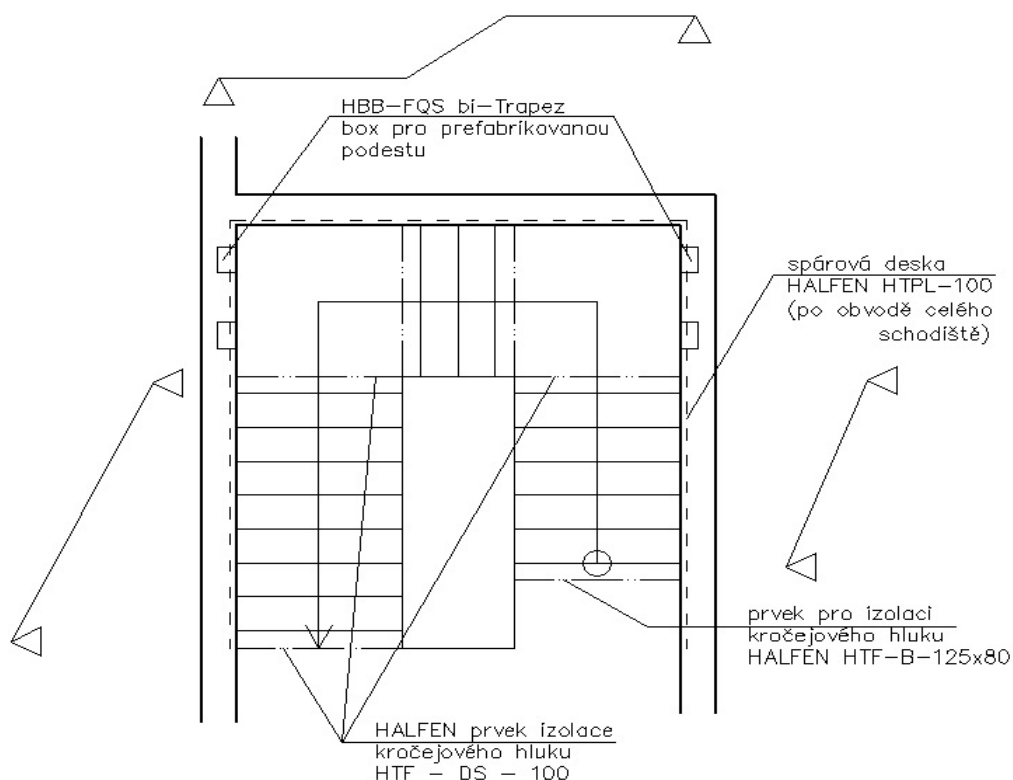


Schéma uložení schodiště a rozmístění akustických prvků